



## ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Ingeniería Técnica en Informática de Gestión

### Proyecto de Sistema de Cableado Estructurado para el Edificio ZAL

TOMOS: I Y II

ALEJANDRO DE CELIS DOMÍNGUEZ  
Cádiz, 11 de Mayo de 2012





## ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

### INGENIERO TÉCNICO EN INFORMÁTICA DE GESTIÓN

Proyecto de Sistema de Cableado Estructurado para el Edificio ZAL

#### **Tomo I**

- Departamento: Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Tecnología Electrónica y Electrónica
- Director del proyecto: Carlos Rodríguez Cordón
- Autor del proyecto: Alejandro de Celis Domínguez

Cádiz, 20 de Octubre de 2012

Fdo.: Alejandro de Celis Domínguez





---

## *Agradecimientos*

A mi pareja María José, por su inagotable paciencia y confianza en mi trabajo. A mis padres, porque gracias a ellos puedo estar ahora escribiendo este párrafo.

También, quería dar las gracias a Carlos, mi tutor del proyecto, por la atención prestada en innumerables tutorías, así como al personal de Navantia-San Fernando que, tanto durante el período de prácticas de empresa como después de éstas, me han asesorado en muchas de las dudas que me han surgido a lo largo de la realización del proyecto, enriqueciéndome con la sabiduría que me han transmitido.



# Contenido

<b>1</b>	<b>Memoria</b>	<b>1</b>
1.1	Antecedentes . . . . .	2
1.2	Informe de Diagnóstico . . . . .	2
1.2.1	Evaluación de las necesidades de cableado . . . . .	2
1.2.2	Infraestructura existente en el Edificio ZAL . . . . .	3
1.2.3	Entrevistas . . . . .	5
	Entrevista primera: un primer contacto . . . . .	5
	Entrevista segunda: conociendo a los trabajadores . . . . .	8
	Entrevista tercera: presentación del diseño y el presupuesto al cliente . . . . .	12
	Entrevista cuarta: evaluación del diseño . . . . .	13
	Entrevista quinta: finalización del proyecto . . . . .	14
1.3	Objeto y Alcance del proyecto . . . . .	14
1.4	Caracteristicación Física del Inmueble . . . . .	16
1.4.1	Mobiliario del Edificio ZAL . . . . .	17
	Planta Baja . . . . .	18
	Primera Planta . . . . .	19
	Segunda Planta . . . . .	19
	Tercera Planta . . . . .	20
	Cuarta Planta . . . . .	20
	Quinta Planta . . . . .	20
	Sexta Planta . . . . .	20
1.4.2	Modificaciones Físicas a Realizar . . . . .	21
1.5	Soluciones proyecto . . . . .	21

1.5.1	Distribución de puestos de trabajo . . . . .	21
1.5.2	Tomas de telecomunicaciones para puestos de trabajo . . . . .	22
1.5.3	Cuartos de equipos: distribución y ubicación . . . . .	22
1.5.4	Tecnología de red empleada . . . . .	24
	Subsistema de cableado horizontal . . . . .	25
	Subsistema de cableado vertical . . . . .	26
1.5.5	Topología de red . . . . .	27
	Topología física de red . . . . .	27
	Topología lógica de red . . . . .	27
1.5.6	Elección de switches . . . . .	28
	Elección switch Capa de Acceso . . . . .	28
	Switch de capa de Núcleo Colapsado . . . . .	31
1.5.7	Distribución interna de racks . . . . .	35
	Racks Repartidor de Planta . . . . .	35
	Repartidor de Edificio . . . . .	36
1.5.8	Canalizaciones empleadas para instalación del cableado . . . . .	37
	Canalizaciones para subsistema de cableado vertical . . . . .	37
	Canalizaciones para subsistema de cableado horizontal . . . . .	37
1.5.9	Certificación . . . . .	38
<b>2</b>	<b>Estudio teórico previo</b>	<b>41</b>
2.1	Diseño Jerárquico . . . . .	42
2.1.1	Introducción . . . . .	42
2.1.2	Capa de Acceso . . . . .	43
2.1.3	Capa de Distribución . . . . .	43
2.1.4	Capa Núcleo . . . . .	43
2.1.5	Beneficios de una Red Jerárquica . . . . .	44
2.1.6	Principios de Diseño de Redes Jerárquicas . . . . .	45
2.1.7	¿Qué es una Red Convergente? . . . . .	47
2.1.8	Consideraciones para los switches de las Redes Jerárquicas . . . . .	48

2.1.9	Características de los switches . . . . .	50
2.1.10	Características del switch de una Red Jerárquica . . . . .	53
2.2	Tecnologías de red . . . . .	57
2.2.1	Control de Acceso al Medio en IEEE 802.3 . . . . .	57
2.2.2	Tecnologías de Red existentes (Ethernet) . . . . .	61
	Especificaciones IEEE 802.3 10 MBPS (ETHERNET) . . . . .	61
	Especificaciones IEEE 802.3 100 MBPS (Fast ETHERNET) . . . . .	62
	Gigabit Ethernet . . . . .	64
	Ethernet de 10 Gbps . . . . .	67
2.2.3	Estándar 802.3BA, nuevos horizontes . . . . .	68
	Ethernet de 40 Gigabit . . . . .	69
	Ethernet de 100 Gigabit . . . . .	70
2.2.4	Tendencias futuras para Ethernet . . . . .	71
2.3	Topologías de red . . . . .	71
2.3.1	¿Qué es la topología de red? . . . . .	71
	Topología física . . . . .	72
	Topología lógica . . . . .	72
2.3.2	Tipos de Topología de red para redes LAN . . . . .	72
	Topología en Bus . . . . .	72
	Topología en árbol . . . . .	74
	Topología en anillo . . . . .	75
	Topología en estrella . . . . .	76
	Topología en malla . . . . .	77
2.4	Sistema de cableado genérico . . . . .	79
2.4.1	Sistema de cableado genérico para edificio de oficinas . . . . .	79
	Generalidades . . . . .	79
	Elementos funcionales troncales . . . . .	79
	Subsistemas de cableado . . . . .	83
	Emplazamiento de los elementos funcionales . . . . .	84
	Interfaces de equipo e interfaces de prueba . . . . .	85

	Dimensionando y configurando . . . . .	87
2.4.2	Prestaciones de canal . . . . .	89
	Prestaciones ambientales . . . . .	89
	Clasificaciones ambientales . . . . .	90
	Prestaciones de transmisión . . . . .	91
2.4.3	Referencia de implementación para el cableado troncal . . . . .	100
	Generalidades . . . . .	100
	Cableado Balanceado . . . . .	100
	Cableado de fibra óptica . . . . .	101
2.4.4	Referencia de implementación en edificios de oficinas . . . . .	103
	Generalidades . . . . .	103
	Cableado balanceado . . . . .	103
	Cableado de fibra óptica . . . . .	106
2.4.5	Requisitos de los cables . . . . .	109
	Generalidades . . . . .	109
	Entorno Operativo . . . . .	109
	Cables balanceados de las Categorías 5,6 y 7 . . . . .	109
	Cables de fibra óptica . . . . .	110
2.4.6	Requisitos del hardware de conexión en edificio de oficinas . . . . .	110
	Requisitos generales . . . . .	110
	Hardware de conexión de Categorías 5, 6, y 7 para cableado balanceado . . . . .	113
	Hardware de conexión de fibra óptica . . . . .	114
2.4.7	Requisitos para latiguillos y puentes . . . . .	116
	Generalidades . . . . .	116
	Entorno operativo . . . . .	116
	Latiguillos balanceados . . . . .	117
	Latiguillos de fibra óptica . . . . .	118
	Puentes . . . . .	119
2.4.8	Aplicaciones soportadas . . . . .	119
	Aplicaciones soportadas para cableado balanceados . . . . .	119

Aplicaciones soportadas por el cableado de fibra óptica . . . . .	119
<b>3 Planos</b>	<b>123</b>
3.1 Planos puestos de trabajo,cuartos de equipo . . . . .	124
3.2 Planos cableado,etiquetado y TT . . . . .	124
3.3 Planos canalizaciones . . . . .	125
3.4 Planos racks . . . . .	125
3.4.1 Racks de Repartidor de Planta . . . . .	125
Distribución Rack1 . . . . .	125
Distribución Rack2 . . . . .	125
Distribución Rack3 . . . . .	125
3.4.2 Rack de Repartidor de Edificio . . . . .	126
3.5 Plano topología lógica . . . . .	126
3.6 Plano topología física . . . . .	132
<b>4 Pliego de condiciones</b>	<b>135</b>
4.1 Introducción . . . . .	136
4.2 Objeto . . . . .	136
4.3 Finalidad y ámbito de aplicación . . . . .	136
4.4 Normativa referenciada . . . . .	136
4.4.1 Normativa de cableado estructurado genérico . . . . .	136
4.4.2 Normativa de canalizaciones . . . . .	137
4.4.3 Normativa sobre compatibilidad electromagnética(EMC) . . . . .	137
4.4.4 Normativa sobre protección contra incendios . . . . .	137
4.5 Descripción genérica . . . . .	138
4.5.1 Prescripciones técnicas de los materiales genéricos . . . . .	138
Subsistema de cableado horizontal . . . . .	138
Subsistema vertical . . . . .	144
4.6 Condiciones de ejecución . . . . .	148
4.6.1 Diagrama de tareas. Fases de ejecución . . . . .	148
Fase inicial . . . . .	149

Fase de diseño . . . . .	149
Fase de confirmación de diseño . . . . .	150
Fase de obra civil . . . . .	151
Fase de distribución del cableado . . . . .	151
Fase de certificación . . . . .	152
Fase instalación de equipos activos de red . . . . .	152
Fase final del proyecto . . . . .	152
4.6.2 Planificación temporal fases . . . . .	152
4.6.3 Dirección de obra y ejecución material . . . . .	155
4.6.4 Alcance del suministro de materiales y servicios . . . . .	155
4.6.5 Descripción y características de los materiales . . . . .	155
4.6.6 Planos de la instalación . . . . .	155
4.6.7 Condiciones de obra civil . . . . .	156
Requisitos de seguridad . . . . .	156
Espacios para distribuidores . . . . .	157
Vías de comunicación entre repartidores . . . . .	161
Recorrido de las canalizaciones del cableado . . . . .	162
Ubicaciones de las cajas para las tomas de telecomunicaciones . . . . .	164
Dimensionado de la infraestructura de cableado estructurado . . . . .	164
4.7 Procedimientos de ejecución . . . . .	166
4.7.1 Instalación del cableado . . . . .	167
4.7.2 Conexión . . . . .	167
4.7.3 Conexión de los patch-panel . . . . .	167
4.8 Listado de materiales . . . . .	168
4.9 Instalación: descripción, requisitos . . . . .	169
4.9.1 Subsistema horizontal . . . . .	169
Cableado horizontal . . . . .	169
Cajas de tomas de telecomunicaciones . . . . .	170
Tomas de telecomunicaciones . . . . .	170
Latiguillos de usuario . . . . .	170



4.9.2	Repartidor de Planta . . . . .	171
	Paneles de parcheo de cableado horizontal . . . . .	172
	Paneles de fibra óptica . . . . .	172
	Guías pasa hilos horizontales . . . . .	172
	Guías pasa hilos verticales . . . . .	173
	Latiguillos de parcheo . . . . .	173
4.9.3	Subsistema vertical . . . . .	173
4.9.4	Repartidor de Edificio . . . . .	173
4.9.5	Canalizaciones interiores . . . . .	174
	Canalización en zonas comunes del edificio . . . . .	176
	Canalización en el interior de oficinas de trabajo . . . . .	179
4.9.6	Acondicionamiento de pasos . . . . .	181
	Pasos en forjado . . . . .	181
	Pasos en tabique . . . . .	181
4.9.7	Normas de rotulación . . . . .	181
	Normas de rotulación de las cajas . . . . .	182
	Normas para la rotulación de los paneles distribuidores . . . . .	182
4.9.8	Cualificación de los contratistas . . . . .	183
4.9.9	Condiciones de certificación . . . . .	183
	Generalidades . . . . .	183
	Parámetros y medidas a realizar.Condiciones de medida . . . . .	185
	Formato de certificación . . . . .	185
4.9.10	Condiciones adicionales de instalación . . . . .	190
4.10	Gestión del proyecto . . . . .	190
4.10.1	Reunión inicio del proyecto . . . . .	191
4.10.2	Plan de implantación . . . . .	191
4.10.3	Seguimiento del proyecto . . . . .	191
4.10.4	Visitas de seguimiento . . . . .	192
4.10.5	Cambios del proyecto . . . . .	192
4.10.6	Incidencias del proyecto . . . . .	192

4.10.7	Certificaciones parciales y finales . . . . .	192
4.10.8	Documentación fin de proyecto . . . . .	193
4.11	Plan aseguramiento de la calidad . . . . .	194
4.12	Garantía y soporte post-venta . . . . .	195
<b>5</b>	<b>Estado de Mediciones</b>	<b>197</b>
5.1	Cableado balanceado . . . . .	197
5.1.1	Subsistema de cableado horizontal . . . . .	197
5.2	Cableado de fibra óptica . . . . .	200
5.2.1	Subsistema de cableado vertical . . . . .	200
5.3	Componentes subsistema CH . . . . .	201
5.3.1	Cajas . . . . .	201
5.3.2	Tomas de telecomunicaciones . . . . .	202
5.3.3	Conectores . . . . .	202
5.3.4	Canaletas para el interior de las oficinas . . . . .	203
5.3.5	Accesorios para canaletas de oficinas . . . . .	203
5.3.6	Bandejas distribución del cableado . . . . .	204
5.3.7	Etiquetas para tomas de telecomunicaciones . . . . .	204
5.3.8	Herramientas de electricista . . . . .	205
5.3.9	Herramientas de telecomunicaciones . . . . .	205
5.3.10	Herramientas y materiales de albañilería . . . . .	206
	Tabique de pladur ignifugo . . . . .	206
	Puerta metálica . . . . .	206
	Techo de fibra . . . . .	206
	Panel acústico autoportante . . . . .	207
5.3.11	Mano de obra electricistas . . . . .	207
5.3.12	Mano de obra albañiles . . . . .	208
5.4	Componentes subsistema CV . . . . .	208
5.4.1	conectores . . . . .	209
5.4.2	Canalizaciones para distribución cableado fibra óptica . . . . .	209

5.4.3	Herramientas de telecomunicaciones . . . . .	210
5.4.4	Mano de obra electricistas . . . . .	210
5.5	Repartidor de Planta . . . . .	211
5.5.1	Panel de fibra óptica . . . . .	211
5.5.2	Patch panel cableado UTP,Categoría 6 . . . . .	212
5.5.3	Pasa hilos horizontales . . . . .	212
5.5.4	Pasa hilos verticales . . . . .	212
5.5.5	Switches . . . . .	212
5.5.6	Módulos de expansión . . . . .	213
5.5.7	Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI/UPS) . . . . .	213
5.5.8	Regletas de enchufes con interruptor . . . . .	213
5.5.9	Ventilacion . . . . .	214
5.5.10	Latiguillos de parcheo . . . . .	214
5.5.11	Latiguillos de fibra óptica,Categoría OM3,Clase OF-300 . . . . .	215
5.6	Repartidor de Edificio . . . . .	216
5.6.1	Patch panels de fibra óptica . . . . .	216
5.6.2	Pasa hilos horizontales . . . . .	217
5.6.3	Pasa hilos verticales . . . . .	217
5.6.4	Switches capa de Núcleo Colapsado . . . . .	217
5.6.5	Módulos de expansión . . . . .	218
5.6.6	Sistema de Alimentación Ininterrumpida(SAI/UPS) . . . . .	218
5.6.7	Regletas de enchufes con interruptor . . . . .	218
5.6.8	Sistema de ventilación . . . . .	218
5.6.9	Latiguillos de parcheo fibra óptica,Cat. OM3,Clase OF-300 . . . . .	218
5.7	Certificación . . . . .	218
5.8	Tabla resumen . . . . .	219
<b>6</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>221</b>
6.1	Presupuesto general . . . . .	222
6.2	Presupuesto detallado . . . . .	222

<b>7 Información planos</b>	<b>229</b>
7.1 Plano de repartidores . . . . .	230
7.2 Planos de ubicación puestos trabajo . . . . .	230
7.3 Planos de cableado, TT y etiquetado . . . . .	230
7.4 Planos de sistemas canalizaciones . . . . .	231
<b>8 Conjunto de Planos</b>	<b>233</b>
8.1 Repartidores . . . . .	234
8.2 Mobiliario . . . . .	236
8.3 Sistema cableado . . . . .	244
8.4 Sistema canalizaciones . . . . .	252
<b>A Siglas y abreviaturas</b>	<b>259</b>
A.1 Deficiones . . . . .	260
A.2 Abreviaturas . . . . .	263
<b>B Planificación del proyecto</b>	<b>267</b>
<b>C Datasheets y fichas técnicas</b>	<b>275</b>
C.1 Switch Capa de Acceso . . . . .	276
C.2 Switch Capa de Núcleo Colapsado . . . . .	305
C.3 Bandejas de fibra óptica . . . . .	325
C.3.1 Bandejas de fibra óptica, conectores LC . . . . .	325
C.3.2 Bandejas de fibra óptica, conectores SC . . . . .	327
C.4 Bandejas de canalización . . . . .	329
C.5 Conectores SFP . . . . .	332
C.6 Módulos 10GBASE X2 . . . . .	359
C.7 UPS . . . . .	366
<b>Bibliografía y referencias</b>	<b>369</b>

# Lista de Figuras

1.1	<i>Edificio ZAL</i>	4
1.2	<i>Silla de oficina de trabajo</i>	17
1.3	<i>Mesa de Oficina de trabajo</i>	18
1.4	<i>Silla de Oficina de trabajo</i>	18
1.5	<i>Cisco Catalyst 3750E-48TD</i>	30
1.6	<i>Cisco Catalyst 2960S-48TD-L</i>	30
1.7	<i>EX 4200-48T-DC</i>	31
1.8	<i>módulo CISCO SFP-10G-SR</i>	31
1.9	<i>HP 5900 AF</i>	33
1.10	<i>Cisco Catalyst 4900M</i>	33
1.11	<i>Juniper EX4500</i>	34
1.12	<i>módulo Cisco X2-10GB-SR</i>	34
1.13	<i>Módulo de expansión con 8 slots para X2-10GB-SR</i>	35
2.1	<i>Modelo de redes jerárquicas</i>	42
2.2	<i>Diámetro de una red</i>	46
2.3	<i>Agregado de ancho de banda</i>	46
2.4	<i>Redundancia de enlaces</i>	47
2.5	<i>Tipos de switches</i>	51
2.6	<i>Agregado de enlaces</i>	52
2.7	<i>Ejemplo de puertos POE</i>	52
2.8	<i>Características Capa de Acceso</i>	53
2.9	<i>Formato de la trama IEEE 802.3</i>	60

2.10 Ejemplo topología en Bus . . . . .	74
2.11 Ejemplo topología en Árbol . . . . .	75
2.12 Ejemplo topología en Anillo . . . . .	76
2.13 Ejemplo topología en Estrella . . . . .	77
2.14 Ejemplo topología en Malla . . . . .	79
2.15 Estructura jerárquica de cableado . . . . .	80
2.16 Estructura de cableado genérico . . . . .	80
2.17 Cuarto de equipos . . . . .	84
2.18 Interior de rack . . . . .	85
2.19 Ubicación elementos de red en edificio oficinas . . . . .	86
2.20 Interfaz de prueba . . . . .	86
2.21 Modelo de interconexión y conexión cruzada . . . . .	87
2.22 Interfaces de prueba y equipo para cableado troncal . . . . .	87
2.23 Interfaces de prueba y equipo para cableado horizontal . . . . .	87
2.24 sistema de cableado genérico con repartidores de planta y edificios combinados . . . . .	89
2.25 Conexión de elementos funcionales que proporcionan redundancia . . . . .	90
2.26 Explicación gráfica NEXT y FEXT . . . . .	94
2.27 Representación gráfica de PSELFEXT . . . . .	96
2.28 Modelado de cableado troncal . . . . .	101
2.29 Modelo de interconexión-TO (a) . . . . .	104
2.30 Modelo de Conexión Cruzada-TO (b) . . . . .	104
2.31 Modelo de interconexión -CP-TO (c) . . . . .	104
2.32 Modelo de conexión cruzada-CP-TO (d) . . . . .	105
2.33 Combinaciones de canales troncal/horizontal de fibra óptica . . . . .	107
2.34 Canal empalmado combinado . . . . .	107
2.35 Canal directo combinado . . . . .	108
2.36 Inserciones ciegas . . . . .	111
2.37 Tapas de protección o regletas . . . . .	111
2.38 Asignaciones pines y grupos de pares del hardware de conexión según Normas EN 60603-7,excepto EN 60603-7-7 . . . . .	114

2.39	<i>Interfaz de acuerdo con la Norma EN 60603-7-7 . . . . .</i>	114
2.40	<i>Asignaciones de pines y grupos de pares del hardware de conexión de acuerdo con la Norma EN 61076-3-104 . . . . .</i>	115
2.41	<i>Conector RJ45 cableado UTP . . . . .</i>	115
2.42	<i>Conector RJ49 cableado FTP . . . . .</i>	116
2.43	<i>Conector GG45 cableado Categoría 7 . . . . .</i>	116
2.44	<i>Conectores fibra óptica . . . . .</i>	117
3.1	<i>Distribución interior rack1,Primera Planta,Torre B . . . . .</i>	127
3.2	<i>Distribución interior rack2,Quinta Planta,Torre A . . . . .</i>	128
3.3	<i>Distribución interior rack3,Segunda Planta,Torre A . . . . .</i>	129
3.4	<i>Distribución interior rack4,Planta Baja,Torre A . . . . .</i>	130
3.5	<i>Plano topología lógica,Edificio ZAL . . . . .</i>	131
4.1	<i>Caja doble de tomas de telecomunicaciones . . . . .</i>	139
4.2	<i>tomas de telecomunicaciones RJ 45, Categoría 6 e IDC 110 . . . . .</i>	140
4.3	<i>Regleta enchufes de fuerza tipo schuck con interruptor . . . . .</i>	140
4.4	<i>Dos UPS EATON 9135 instaladas en rack . . . . .</i>	141
4.5	<i>Panel de parcheo, 48 puertos, Categoría 6 . . . . .</i>	142
4.6	<i>patch panel de fibra óptica . . . . .</i>	142
4.7	<i>Guía pasa hilos horizontal, 1U . . . . .</i>	143
4.8	<i>pasa hilos vertical para 47 U . . . . .</i>	143
4.9	<i>Conector LC macho . . . . .</i>	144
4.10	<i>Conector SC macho . . . . .</i>	145
4.11	<i>Patch panel fibra óptica 24 puertos . . . . .</i>	145
4.12	<i>Bandeja empleada para el subsistema de cableado horizontal . . . . .</i>	146
4.13	<i>Canaleta empleada en las oficinas . . . . .</i>	147
4.14	<i>Diagrama Gantt, proyecto de cableado estructurado, Edificio ZAL . . . . .</i>	154
4.15	<i>Patinillo interior para cableado de telecomunicaciones . . . . .</i>	162
4.16	<i>conexión del cable a la tierra local . . . . .</i>	168
4.17	<i>Etiquetado de cable con etiqueta tipo Brady . . . . .</i>	170

4.18	<i>Separación entre los cables de la red de alimentación y los cables de datos . . . . .</i>	175
4.19	<i>Separación entre tendidos de datos y otros . . . . .</i>	176
4.20	<i>tornillo y taco empleados para la fijación de los soportes . . . . .</i>	177
4.21	<i>Cantidad de cableado en bandejas de canalización . . . . .</i>	178
4.22	<i>Cantidad de cableado en canaletas en oficinas . . . . .</i>	180
4.23	<i>Ejemplo de rotulación de una toma de telecomunicaciones . . . . .</i>	182
5.1	<i>Crimpadora para RJ45 AF . . . . .</i>	205
5.2	<i>Tester para cable UTP . . . . .</i>	206



# Lista de Tablas

1.1	<i>Top 11 de aplicaciones y servicios más empleados por trabajadores</i>	12
1.3	<i>Top 11 de aplicaciones y servicios más empleados por trabajadores</i>	24
1.5	<i>Tabla Comparativa switches Capa Acceso</i>	32
1.6	<i>Tabla Comparativa switches Capa Núcleo Colapsado</i>	40
2.1	<i>Resumen especificación 10 MPBS (Ethernet)</i>	63
2.3	<i>Resumen especificación 100 MPBS (Ethernet)</i>	64
2.5	<i>Resumen de 40GBASE y 100GBASE</i>	69
2.6	<i>Velocidad señal y rango de alcance del canal (40-100GB)</i>	69
2.7	<i>Longitudes máximas para implementaciones de referencia</i>	88
2.9	<i>Entornos de Canal</i>	91
2.10	<i>Detalles de Clasificación ambiental</i>	92
2.11	<i>Límites de pérdidas de retorno para enlace permanente a frecuencias clave</i>	93
2.12	<i>Límites de pérdidas de inserción para enlace permanente a frecuencias clave</i>	93
2.13	<i>Límites NEXT para enlace permanente a frecuencias clave</i>	94
2.14	<i>Límites Suma de potencia NEXT a frecuencias clave</i>	94
2.15	<i>Límites de ACR para enlace permanente a frecuencias clave</i>	95
2.16	<i>Límites de PSACR para enlace permanente a frecuencias clave</i>	95
2.17	<i>Límites de ELFEXT para enlace permanente a frecuencias clave</i>	96
2.18	<i>Límites de PSELFEXT para enlace permanente a frecuencias clave</i>	96
2.19	<i>Límites de resistencia de bucle en c.c. para enlace permanente a frecuencias clave</i>	97
2.20	<i>Valores máximos de resistencia no balanceada en c.c. para un canal</i>	97
2.21	<i>Límites de retardo de propagación para enlace permanente a frecuencias clave</i>	97

2.22	<i>Límites de retardo diferencial para enlace permanente a frecuencias clave . . . . .</i>	98
2.23	<i>Límites de atenuación para configuración de canal de cableado de fibra óptica . . . . .</i>	99
2.24	<i>Ecuaciones de canal troncal . . . . .</i>	102
2.25	<i>Ecuaciones de longitud de configuración de canal para cableado de fibra óptica . . . . .</i>	102
2.26	<i>Ecuaciones de canal horizontal . . . . .</i>	106
2.27	<i>Ecuaciones de canal horizontal . . . . .</i>	106
2.28	<i>Ecuaciones de longitud de configuración de canal para cableado de fibra óptica . . . . .</i>	108
2.29	<i>Matriz de compatibilidad . . . . .</i>	113
2.30	<i>Aplicaciones ICT soportadas que usan cableado balanceado . . . . .</i>	120
2.31	<i>Asignación de pines del conector modular para aplicaciones ICT . . . . .</i>	120
2.32	<i>Aplicaciones ICT genéricas soportadas y máximas longitudes de canal con fibras multimodo de núcleo y cubierta de silicio . . . . .</i>	121
2.33	<i>Aplicaciones de centros de datos soportadas y máximas longitudes de canal con fibras multimodo de núcleo y cubierta de silicio . . . . .</i>	122
2.34	<i>Aplicaciones de control y monitorización de procesos soportadas y máximas longitudes de canal con fibras multimodo de núcleo y cubierta de silicio . . . . .</i>	122
4.1	<i>Especificaciones técnicas cableado UTP,Cat.6 . . . . .</i>	139
4.2	<i>Especificaciones técnicas cableado Fibra óptica,Categoría OM3 . . . . .</i>	144
4.3	<i>Separación entre el cableado de tecnología de la información y el cableado de la red de alimentación</i>	175
5.1	<i>Metros de cable UTP,Torre B . . . . .</i>	198
5.3	<i>Metros de cable UTP,Torre A . . . . .</i>	199
5.6	<i>Metros totales cableado UTP . . . . .</i>	200
5.8	<i>Subsistema de cableado vertical . . . . .</i>	201
5.10	<i>Cajas para tomas de telecomunicaciones . . . . .</i>	202
5.12	<i>Tomas telecomunicaciones . . . . .</i>	202
5.14	<i>Conectores . . . . .</i>	203
5.17	<i>Canaletas . . . . .</i>	204
5.19	<i>accesorios canaletas . . . . .</i>	204
5.21	<i>Bandejas para distribución del cableado . . . . .</i>	204
5.23	<i>Etiquetas para tomas de telecomunicaciones . . . . .</i>	204

5.25	<i>Tabique pladur ignífugo</i>	206
5.27	<i>Techo de fibra</i>	207
5.29	<i>Panel acústico</i>	207
5.31	<i>Mano de obra electricistas</i>	208
5.33	<i>Mano de obra albañiles</i>	208
5.35	<i>Conectores</i>	209
5.37	<i>Bandejas canalizaciones fibra óptica</i>	209
5.39	<i>Mano de obra electricistas</i>	211
5.41	<i>Patch Panel fibra óptica</i>	211
5.43	<i>Patch Panel cable UTP, Cat.6</i>	212
5.45	<i>Pasa hilos horizontales</i>	212
5.47	<i>Switches Repartidor de Planta</i>	213
5.49	<i>UPS Repartidor de Planta</i>	213
5.51	<i>Regletas de enchufes con interruptor(RP)</i>	214
5.53	<i>Sistema ventilación, Repartidor Edificio</i>	214
5.55	<i>Latiguillos cable UTP Categoría 6</i>	215
5.57	<i>Latiguillos fibra óptica, Cat OM3, Clase OF-300</i>	216
5.59	<i>Patch Panel fibra óptica</i>	217
5.61	<i>Pasa hilos horizontal Repartidor de Edificio</i>	217
5.63	<i>Pasa hilos vertical Repartidor de Edificio</i>	217
5.65	<i>Switch de capa de núcleo colapsado</i>	217
5.67	<i>Certificación cableado</i>	219
5.69	<i>Tabla resumen</i>	219
6.1	<i>Presupuesto general Edificio ZAL</i>	222
6.2	<i>Presupuesto certificación</i>	223
6.3	<i>Presupuesto empresas subcontratadas</i>	223
6.4	<i>Presupuesto para cuarto equipos</i>	223
6.5	<i>Presupuesto para subsistema de cableado horizontal</i>	224
6.6	<i>Presupuesto para subsistema de cableado vertical</i>	224

---

6.7	<i>Presupuesto para Rack Repartidor de Planta . . . . .</i>	225
6.8	<i>Presupuesto para Rack Repartidor de Edificio . . . . .</i>	226

# Capítulo 1

## Memoria

## 1.1 Antecedentes

La necesidad de llevar a cabo este proyecto de sistema de cableado estructurado surge a raíz de una solicitud realizada para el edificio ZAL. Este edificio es de nueva construcción, por lo que no dispone de un sistema de cableado estructurado que de servicio de red a cada una de las oficinas de trabajo, así como a los puestos de trabajo ubicados en el interior de dichas oficinas.

Debido a que la utilidad del edificio va a ser principalmente para albergar oficinas de trabajo, es necesaria la existencia de un sistema de cableado que permita la transmisión de información entre los trabajadores del edificio, así como la conexión a diversas redes externas, entre ellas Internet. Por todo ello, se ha llevado a cabo la solicitud para realizar el diseño de un sistema de cableado estructurado.

Para que el director encargado del proyecto de red conozca las necesidades existentes, así como los requisitos y objetivos a cumplir, ha sido necesario llevar a cabo una serie de reuniones entre el director del proyecto y el gerente del Edificio ZAL. Con la información obtenida en dichas reuniones, el director de proyecto podrá hacerse una idea clara de cómo debe diseñar el sistema de cableado estructurado para cumplir con las expectativas del cliente y satisfacer sus necesidades. Dichas reuniones se llevarán a cabo en las instalaciones del Edificio ZAL. El contenido de éstas será explicado más adelante en la documentación del proyecto.

## 1.2 Informe de Diagnóstico

Este documento se ha elaborado con la finalidad de recoger información acerca de la evaluación de necesidades de cableado, así como para hablar de la infraestructura existente en el edificio. Representa el punto de partida de la necesidad y valoración del proyecto que estoy desarrollando en su conjunto. Comenzaré el informe hablando sobre las necesidades de cableado.

Comenzaré el informe hablando sobre las necesidades de cableado.

### 1.2.1 Evaluación de las necesidades de cableado

El edificio ZAL es un edificio de nueva construcción, es por eso que aún no existe una idea clara sobre el número de puestos de trabajo que habrá por cada una de las oficinas ubicadas en el interior de ambos edificios, torre A y torre B. Por ello, he llevado a cabo un diseño de cómo estarían distribuidos los puestos de trabajo en el interior de las oficinas, apoyándome en la descripción del mobiliario con el que se piensa amueblar las oficinas, así como en la información extraída de las reuniones llevadas a cabo con el gerente del Edificio ZAL.

En el apartado **Soluciones**, 1.5, se realizará un análisis del cableado más conveniente emplear para subsistema de cableado que componen el sistema de cableado estructurado.

A continuación, se mostrará el número de puestos de trabajo que existirán en el Edificio ZAL, entre ambas torres. La distribución de los puestos de trabajo se explicará con detenimiento en el apartado **Soluciones**,1.5.

- Torre A
  - Planta baja: 0 puestos de trabajo, 4 tomas de telecomunicaciones.
  - Planta Primera: 34 puestos de trabajo.

- Planta Segunda: 26 puestos de trabajo y una sala de reuniones, A201, con dos cajas, cada uno con dos tomas de telecomunicaciones.
- Planta Tercera: 29 puestos de trabajo.
- Planta Cuarta: 26 puestos de trabajo y una sala de reuniones, A401, con dos cajas, cada uno con dos tomas de telecomunicaciones.
- Planta Quinta: 29 puestos de trabajo.
- Planta Sexta: 26 puestos de trabajo y una sala de reuniones, A601, con dos cajas, cada uno con dos tomas de telecomunicaciones.
- Torre B
  - Planta Baja: 26 puestos de trabajo.
  - Planta Primera: 67 puestos de trabajo.
  - Planta Segunda: 63 puestos de trabajo y una sala de reuniones, B201, con dos cajas, cada uno con dos tomas de telecomunicaciones.

En total, el número de puestos de trabajo existentes entre las dos torres son de 326 puestos de trabajo. Teniendo en cuenta que cada puesto de trabajo tiene asignado una roseta con dos tomas de telecomunicaciones, el número de tomas de telecomunicaciones, contando con las rosetas ubicadas en las salas de reuniones y en el salón de actos, son 676 tomas de telecomunicaciones.

La reubicación o cambios del personal es algo que se hará en base a la ubicación de las tomas de telecomunicaciones que conectan el puesto de trabajo con el sistema de cableado estructurado, por lo tanto, a no ser que la reubicación implique la fusión de oficinas, no afectarán al sistema de cableado estructurado.

Según la Norma EN 50173-1:2007, seguida para llevar a cabo este proyecto, el tiempo de vida del cableado que se va a emplear para el sistema de cableado estructurado es de 10 a 15 años, siendo la vida útil de una red igual a 15 años. El edificio es de nueva construcción, por ello el sistema de cableado estructurado está pensando para un largo período de tiempo, sin tener en cuenta posibles modificaciones o arreglos que fueran necesarios llevar a cabo.

### 1.2.2 Infraestructura existente en el Edificio ZAL

El edificio ZAL se encuentra ubicado en la provincia de Cádiz, Andalucía. La dirección de dicho edificio es "Polígono Industrial El Fresno, S/N, 11370, Los Barrios". La localización exacta del edificio es: **36.2001653 N, -5.5407299 W**. El edificio está formado por dos torres cilíndricas, que albergan en su interior oficinas dedicadas a diferentes usos. La torre A, con una altura de 34 metros, tiene siete plantas, con una altura cada una de 2.70 metros. La torre B, con una altura de 19.85 metros, tiene tres plantas, con una altura cada una de 2.70 metros. La superficie completa del edificio es de 135.08 metros.

En esta fotografía podemos ver las torres que componen el edificio. La torre del fondo es la torre A y la torre más baja es la torre B.

En el interior de ambas torres no existen habitáculos pensados para ubicar los cuartos de equipo necesarios para los equipos activos y de electrónica de red del sistema de cableado estructurado a instalar en el edificio. Es por ello que será necesario construir cuartos especiales para este fin. Estos cuartos de equipos estarán recubiertos de material ignífugo, así como de sistema de seguridad para evitar robos o manipulaciones indebidas. También, es necesario dotar a estos cuartos con la alimentación

Figura 1.1: *Edificio ZAL*

eléctrica que necesitan los equipos de red que se ubicarán en ellos. Debido a la distribución de cada una de las plantas, existe la posibilidad de ubicar los cuartos de equipos en el interior de las oficinas de las plantas en las que sea necesario un cuarto de equipos, a ser posible en las más espaciosas. En este caso, habrá que insonorizar los cuartos de equipos para que no perturben el trabajo de los trabajadores.

En el edificio existen canalizaciones dedicadas al tendido eléctrico, construidas durante la construcción del edificio. También, existen patinillos interiores, destinados a la distribución del cableado de comunicaciones. Éstas serán empleadas para tirar el cableado troncal del edificio. Para el cableado horizontal no existen canalizaciones en sí. Será necesario instalar canaletas en las plantas para distribuir el cableado de red desde las tomas de telecomunicaciones hasta los repartidores de planta, ubicados en los cuartos de equipos. En los pasillos de ambas torres del Edificio ZAL existe un falso techo, que será empleado para cubrir las bandejas de canalización del cableado.

Como el edificio es de nueva construcción, solamente existe el cableado para el tendido eléctrico, las tuberías del agua y la toma de tierra. No existe cableado de red de comunicaciones previo.

El tipo de suministro de energía eléctrica existente es corriente alterna. Sin embargo, existen diferentes aspectos que merecen la pena tratar acerca de la energía eléctrica que alimenta el edificio, sin profundizar en demasía en el ámbito de la electricidad, ya que no está fuera del alcance de este proyecto. Repartidos por las oficinas de la torre A y B existen enchufes de corriente eléctrica, que incorporan toma de tierra, y que proporcionan un voltaje de 220 V. Fuera de las oficinas, sólo hay enchufes en los aseos, tanto de señora como de caballero, pero no hay ninguno por los pasillos. En los cuartos de equipos, donde se encuentran los equipos activos del sistema de cableado estructurado, a parte de los enchufes de corriente eléctrica con toma a tierra, necesarios para alimentar a los diversos equipos, switches entre otros, es necesario incluir dispositivos de seguridad que garanticen que, en caso de caída de la red eléctrica del edificio por cualquier tipo de motivo, los equipos de red sigan funcionando durante un tiempo determinado para que se pueda llevar a cabo un salvado de los datos necesarios y que no se produzcan pérdidas de información ni daños a los equipos. También, es necesario controlar aquellos casos en los que se produzcan subidas o bajadas de tensión, pudiendo dañar los equipos o interrumpir su funcionamiento por falta de potencia en la señal. Por todo ello, se hace uso de unos dispositivos, conocidos como **SAI** (Sistemas de alimentación Ininterrumpida) o UPS. Estos dispositivos están equipados con baterías recargables que, en caso de que se produzca un corte en la corriente eléctrica o que se produzcan subidas o bajadas inesperadas, será capaz de generar corriente alterna durante un período limitado de tiempo. Los modelos de SAI empleados serán aquellos que permitan ser



montados en un armario de comunicaciones o rack y que pueda dar servicios a varios equipos activos de red, como puede ser conmutadores.

### 1.2.3 Entrevistas

Durante el período de tiempo empleado para llevar a cabo el diseño e implantación del sistema de cableado estructurado en el Edificio ZAL se han realizado una serie de entrevistas. Estas reuniones se han llevado a cabo en las instalaciones del Edificio ZAL y cada una de ellas ha estado destinada a un propósito concreto.

#### Entrevista primera: un primer contacto

Una vez que el proyecto de cableado estructurado es asignado a un director del proyecto, éste considera oportuno llevar a cabo una entrevista con el gerente del Edificio ZAL, para poder crearse una visión general de qué es lo que ha de hacer exactamente, conociendo las necesidades del cliente, así como otros aspectos de los que se hablará a continuación.

##### ¿Qué desea obtener el director del proyecto con esta entrevista?

Los objetivos a satisfacer para esta primera entrevista son los siguientes:

- ✓ Conocer las necesidades existentes en el Edificio ZAL.
- ✓ Conocer qué objetivos desea el cliente conseguir.
- ✓ Obtener los planos del edificio.
- ✓ Conocer el perfil de los usuarios que interactuarán y harán uso del sistema de cableado estructurado.
- ✓ Obtener información acerca de la distribución de los puestos de trabajo albergados en el interior de las oficinas

#### Desarrollo de la entrevista

Esta primera entrevista fue llevada a cabo en el despacho del gerente del Edificio ZAL, planta baja de la Torre B, oficina B001.

El director del proyecto fue formulando preguntas al gerente del Edificio ZAL, que las fue contestando sin ningún tipo de problema y con todo lujo de detalles.

##### ¿Existe alguna infraestructura de red previa?

A esta pregunta, el gerente indicó la inexistencia de un sistema de cableado estructurado previo en el edificio. Debido a que éste es de nueva construcción, no dispone de un sistema de cableado que dé soporte para servicios de telecomunicaciones y red. Aun así, indicó la existencia de una preinstalación, consistente en dos patinillos interiores existentes en las torres A y B, y dedicados al cableado de telecomunicaciones. También, indicó de la instalación de placas de falso techo, tanto en el interior de las oficinas de trabajo como en las zonas comunes del Edificio ZAL.

El gerente hizo entrega de los planos de ambas torres al director del proyecto, para que éste pudiera estudiarlos con detenimiento.

¿Qué necesidades de red y telecomunicaciones existen en este edificio?

El motivo de esta pregunta no es otro que poderse hacer el director del proyecto una visión general y rápida de cuáles son las necesidades existentes que deben ser cubiertas con la realización del proyecto de cableado estructurado, así como los objetivos que el gerente del edificio desea que se cumplan.

El gerente del edificio indicó que las oficinas de trabajo albergarán a personal pertenecientes a diversas disciplinas, por lo que el sistema de cableado estructurado debería de dar soporte para las necesidades de éstos. También, indicó que en el Edificio ZAL existen una serie de salas de reuniones, cuatro en concreto, así como un salón de actos, donde se llevarán a cabo entrevistas, reuniones y exposiciones, por lo que se debería de poder realizar video conferencias. El gerente indicó que el edificio también albergaría dos aulas de formación para el personal de la empresa, donde se impartirían cursos y charlas explicativas. Estas aulas dispondrán de un proyecto para visualizar las explicaciones, así como de un computador de sobremesa por cada uno de los alumnos, así como para el profesor.

Otra indicación interesante que hizo el gerente fue que, como proyecto de expansión futura, se instalarían una serie de cámaras de seguridad en el Edificio ZAL. También, en vista de las necesidades que pudieran existir para los trabajadores, se haría uso de telefonía IP, instalando un teléfono IP por cada trabajador o, al menos para aquellos que lo necesiten. Para todo ello, sería interesante que el sistema de cableado estructurado a diseñar y a implantar en el edificio pudiera dar soporte para estas posibles necesidades futuras, evitándose tener que volver a rediseñar e implantar el sistema de cableado parcial o completamente, con el coste económico que esto supondría.

¿Qué objetivos desea cumplir el gerente del Edificio?

El gerente indicó los siguientes objetivos a cumplir con el sistema de cableado estructurado a desarrollar:

- ✓ Dar soporte para todas las aplicaciones necesarias emplear por los trabajadores del Edificio ZAL.
- ✓ Permitir llevar a cabo video conferencias.
- ✓ Dar soporte para expansiones o modificaciones futuras en el interior del edificio, sin tener que modificar el sistema de cableado estructurado.

¿Qué perfil de profesional trabajará en el Edificio ZAL?

Para poder conocer un poco más qué tipo de aplicaciones serán usadas y a las que se les deberá dar soporte, es necesario conocer el perfil de los trabajadores del Edificio ZAL.

El gerente del edificio indicó que los trabajadores que harán uso de la red se podrían clasificar de la siguiente forma:

- Personal administrativo-financiero.
- Personal de tecnologías de la información.
- Personal de diseño gráfico y diseño de planos.
- Personal de marketing y publicidad.

Cada uno de éstos hace uso de una serie de aplicaciones y servicios de la red, en función de sus necesidades. El sistema de cableado estructurado deberá dar soporte para todas y cada una de estas aplicaciones.

### Distribución de los puestos de trabajo

Para poder determinar a groso la distribución de los trabajadores por cada una de las oficinas de trabajo, es necesario conocer cómo desea el cliente que se distribuyan los puestos de trabajo, así como la densidad de puestos de trabajo por oficina. También, es importante conocer dónde desea que se ubiquen tanto las cuatro salas de reuniones como las dos aulas de aprendizaje, ya que estas oficinas tendrán una distribución diferente al resto.

El gerente del edificio indicó que las aulas de aprendizaje debían de estar ubicadas en la primera planta de la Torre A y en la primera planta de la Torre B. La ubicación exacta de estas no era un asunto de vital importancia, lo que verdaderamente importante es el hecho de poder contar con un aula en la que quepa el mayor número de trabajadores posibles, siempre guardando una distribución correcta y no convirtiendo el aula en un espacio hacinado.

Las salas de reuniones se deberán ubicar en las plantas 2ª, 4ª y 6ª de la Torre A y en la planta 2ª de la Torre B. Estas salas deberán de poder albergar una mesa de reuniones para un número aproximado de 10 personas.

En cuanto a las oficinas de trabajo, se deberá evitar la masificación de cada una de ellas con puestos de trabajo, ya que considera el gerente del Edificio que esto crea un ambiente de trabajo desfavorable. El gerente del edificio considera que para oficinas de trabajo, cuya área éste comprendido entre los 40 y 50  $m^2$ , se deberá de poder ubicar un máximo de hasta 5 puestos de trabajo. Para oficinas de trabajo con un área entre 50 y 60  $m^2$ , se deberá ubicar en ellas un máximo de hasta 6 puestos de trabajo. Por último, para oficinas con un área entre 60  $m^2$  y 80  $m^2$  se deberá ubicar hasta un máximo de 8 puestos de trabajo. El gerente indicó que el número de puestos de trabajo por metros cuadrados no se aplica a las aulas de aprendizaje ni a las salas de reuniones.

Otra indicación interesante que el gerente hizo a raíz de la pregunta es que, cada puesto de trabajo tiene asignado un computador de sobremesa, al que se le deberá asignar una toma de telecomunicaciones fija, para que dicho equipo tenga acceso a la red.

Por último, el gerente indicó que la ubicación de cada uno de los puestos de trabajo no estaría determinada por el tipo de usuario que haría uso de él. La distribución de los puestos de trabajo en las oficinas sería la misma para cada una de las oficinas de ambos edificios, salvo excepciones, como son las aulas de formación y las salas de reuniones.

### **Conclusiones de la entrevista**

Con esta primera reunión, llevada a cabo entre el director del proyecto de cableado estructurado y el gerente del Edificio ZAL, se ha podido generar una primera visión de qué se desea realizar en el edificio.

Se deberá de llevar a cabo un sistema de cableado estructurado que dé soporte para diferentes perfiles de usuario. Debido a que la información extraída referente a los usuarios durante esta primera entrevista es pobre, será necesario realizar otra entrevista, donde se trate con representantes de cada uno de los perfiles de usuario, para conocer sus necesidades, pudiéndose determinar los requisitos de cada tipo de usuario.

Debido a que existen planes futuros de expansión, el sistema de cableado estructurado que se vaya a desarrollar deberá ser capaz de dar soporte a estas expansiones sin que haya que realizar cambios en él.

Analizando los planos de cada una de las plantas del edificio, incluidas las plantas bajas, el director del proyecto ha podido determinar que en ninguna de las dos torres que conforman el Edificio ZAL existen espacios destinados para albergar todo los equipos de red necesarios para el sistema de cableado

estructurado. También, el director ha podido comprobar que no existe, ni en el interior de las oficinas de trabajo ni en las zonas comunes del edificio, ningún sistema de canalizaciones que permitan la instalación del cableado del subsistema de cableado horizontal ni, para algunos tramos, del cableado del subsistema de cableado vertical, salvo los patinillos interiores. Será necesario establecer una reunión con el gerente del Edificio ZAL, donde se expongan estos inconvenientes, así como la solución pensada para solventarlos.

El director del proyecto considera que, para los puestos de trabajo distribuidos por las oficinas de ambas torres, es necesario asignar dos tomas de telecomunicaciones, una fija asignada al computador de sobremesa, la otra destinada a posibles expansiones que se puedan dar en el Edificio ZAL, como puede ser el hecho de implantar telefonía IP para cada uno de los puestos de trabajo o, al menos, para un grupo de estos.

Analizando los objetivos y necesidades indicados por el gerente del edificio, se puede determinar que la red que se debe diseñar ha de dar soporte para voz, dato y vídeo, aspecto importante a la hora de determinar qué tecnología de red emplear.

### **Entrevista segunda: conociendo a los trabajadores**

Una vez que se ha llevado a cabo la primera entrevista con el gerente del Edificio ZAL, será necesario entrevistarse con un representante de cada uno de los perfiles de trabajador que harán uso de la red a implantar en el edificio. El motivo es para conocer las necesidades de cada grupo de trabajadores, y determinar los requisitos que se deben de satisfacer, así como el tipo de aplicaciones más usadas, para poder elaborar un TOP N de aplicaciones y diseñar el sistema de cableado estructurado en base a esas N aplicaciones, permitiendo que se puedan realizar con el máximo rendimiento posible.

Para esta segunda entrevista, una vez que se haya producido la reunión con los representantes de los trabajadores, se llevará a cabo una segunda fase de esta entrevista, en la que el director del proyecto se reunirá con el gerente del Edificio ZAL. La finalidad de este encuentro es presentar al gerente las primeras conclusiones obtenidas tras la primera entrevista llevada a cabo, exponer los problemas que se han detectado y las soluciones pensadas o planteadas para estos problemas. El gerente evaluará estos problemas y determinará si las primeras soluciones indicadas por el director del proyecto son aprobadas o no.

### **¿Qué desea obtener el director del proyecto con esta entrevista?**

El director del proyecto pretende obtener una información más detallada de los trabajadores del Edificio ZAL, conocer sus comportamientos, así como sus necesidades. También, el director del proyecto desea conocer qué aplicaciones serán empleadas con mayor frecuencia o asiduidad por los trabajadores del edificio.

### **Desarrollo de la entrevista**

#### **1ª fase de la entrevista: encuentro con los representantes de los trabajadores**

La segunda entrevista se llevó a cabo en el salón de actos del Edificio ZAL. Allí se dio cita el director del proyecto junto a dos personas de cada área de conocimiento y trabajo.

Como en la primera entrevista, el director del proyecto fue formulando preguntas a cada pareja de trabajadores, para conocer más acerca del trabajo desarrollado y de las necesidades de cada uno, así como de las aplicaciones más empleadas por éstos.

#### **Personal administrativo-financiero**

Para este tipo de trabajador se les plantea las siguientes preguntas.

¿Qué clase de trabajo lleva a cabo?

A esta pregunta, los representantes del personal administrativo y financiero indicaron que su trabajo se centra en llevar a cabo tareas relacionadas con las finanzas y la economía. Deben de realizar cálculos y análisis financieros y económicos, pudiendo compartir los ficheros realizados u obtener los archivos realizados por otros trabajadores del edificio.

Necesitan disponer de un equipo que le proporcione acceso a servicios tales como correo electrónico o Internet. También, necesitan poder compartir archivos con el resto de trabajadores del Edificio ZAL.

Las aplicaciones más utilizadas son paquetes ofimáticos y de cálculo, que le permitan desarrollar su trabajo de la mejor manera posible.

Necesitan disponer de conexión constante a la red, y que esta sea fiable, es decir que se garantice el envío correcto de datos a través de ésta, para evitar problemas de pérdida de información o retrasos innecesarios.

Personal de tecnologías de la información

Este grupo de trabajadores está formado por informáticos. Las tareas principales que llevan a cabo este tipo de trabajador son las siguientes:

- Administración de la red: se encargarán de administrar la red soportada por el sistema de cableado estructurado a implantar en el Edificio ZAL. Se encargarán de gestionar y administrarla.
- Gestión de los usuarios de la red: se encargarán de gestionar, de manera remota, los equipos y usuarios de la red del Edificio ZAL. También, proporcionarán una asistencia técnica a los usuarios de la red, pudiéndose conectar en los equipos de cada uno de ellos de manera remota, siempre y cuando el equipo esté en condiciones de que se pueda llevar a cabo dicha conexión.
- Gestión de la seguridad de red: se encargarán de proteger la red contra ataques que se puedan producir. Protegerán la red desde fuera y desde dentro de ésta, haciendo uso de contraseñas para la autenticación de los usuarios de red.
- Gestión de los datos: se encargarán de gestionar las bases de datos que puedan existir en la red y que almacenen información de los trabajadores del edificio, o de cualquier otro aspecto para el que se deba almacenar información de manera permanente. También, se encargarán de realizar las migraciones de las bases de datos, haciendo uso de la red para tal fin.

Para poder llevar a cabo los trabajos indicados anteriormente, es necesario que estos trabajadores hagan uso de una serie de aplicaciones que les permitan realizar el trabajo. Estas aplicaciones son:

- Aplicaciones para poder gestionar los usuarios y la red, así como la seguridad de ésta.
- Aplicaciones para poder administrar la red.
- Aplicaciones para permitir acceso remoto a los diferentes computadores conectados a la red.
- Aplicaciones de base de datos, para poder gestionar bases de datos y poder migrar bases de datos.

Los requisitos de rendimiento para cada una de estas aplicaciones son muy altos, ya que se deben de poder llevar a cabo sin ningún tipo de problemas y con toda la garantía de que se podrán realizar, ya

que son actividades críticas. Por lo tanto, el sistema de cableado estructurado deberá de poder soportar este tipo de aplicaciones, dándole soporte para su correcta realización y, permitiendo también que el resto de trabajadores puedan realizar su trabajo también sin ningún tipo de problemas o pérdidas de rendimiento.

#### Personal de diseño gráfico y delineantes

A parte de los trabajadores indicados con antelación, en el Edificio ZAL trabajarán diseñadores gráficos y personal dedicado a la elaboración de planos en 2D y 3D.

Los diseñadores gráficos y delineantes llevarán a cabo las actividades siguientes:

- Diseño gráfico por ordenador.
- Elaboración de planos. Los planos realizados por este grupo de personal se realizarán en 2 y 3 dimensiones.
- Compartición de planos y diseños a través de la red.
- Diseño gráfico a través de aplicaciones on-line.

Para poder realizar estas actividades, este grupo de trabajadores deberá hacer uso de una serie de aplicaciones. Estas aplicaciones son:

- Servicio de correo electrónico.
- Aplicaciones relacionadas para compartición de ficheros.
- Aplicaciones para diseño gráfico por ordenador, como AutoCAD o DraftSight.
- Aplicaciones on-line para el diseño de planos, así como diseño gráfico.

#### Personal de marketing y publicidad

El último grupo de trabajadores del Edificio ZAL son profesionales de marketing y publicidad.

Las funciones principales que desempeñan estos trabajadores son las siguientes:

- Elaboración de campañas de publicidad.
- Estudios y análisis de mercado.
- Estudios de clientes objetivos.

Para poder llevar a cabo las funciones anteriormente indicadas será necesario hacer uso de una serie de aplicaciones y servicios. Estas aplicaciones serán:

- Aplicaciones para estudio y análisis de base de datos, como WEKA.
- Aplicaciones de cálculo probabilístico.
- Aplicaciones económicas y financieras.

## **2ª fase de la entrevista: encuentro con el gerente del Edificio ZAL**

El director del proyecto se reúne en esta segunda fase con el gerente del edificio para exponerle los problemas iniciales que ha detectado, a raíz de la primera entrevista realizada.

El director del proyecto explicó al gerente que el Edificio ZAL no está habilitado para poder instalar el sistema de cableado estructurado. Los motivos, en primer lugar, no existe ningún espacio habilitado para poder ubicar los equipos de red de una manera segura, cumpliendo todas las normas de seguridad vigentes al respecto. En segundo lugar, no existe un sistema de canalizaciones adecuado para instalar el cableado empleado para el sistema de cableado estructurado.

El gerente del edificio le indicó que, en base a los problemas indicados, le expusiera las soluciones al respecto. En lo referente a los espacios para ubicar los equipos de red, sería necesario construir cuartos de equipos en el interior de la Torre A y de la Torre B. En base al número de metros de cableado necesarios para conectar cada una de las tomas de telecomunicaciones con los repartidores de planta, el director del proyecto ha considerado oportuno construir cuartos de equipos que den servicio a más de una planta, optimizando el número de cuartos de equipo necesarios, reduciendo así también el presupuesto del proyecto, haciéndolo más asequible al cliente. Los cuartos de equipos estarán insonorizados y serán construidos en aquellas oficinas por las que discurran los patinillos interiores, facilitando así la distribución del cableado entre cada una de las plantas, permitiendo aglutinar el cableado vertical por un mismo espacio.

Para instalar el cableado por el edificio, el director del proyecto ha pensado instalar un sistema de canalizaciones, formado por bandejas metal sin perforar en forma de U, distribuidas por los pasillos de cada una de las plantas y tapadas por el falso techo, y por canaletas de PVC. Para el acceso a las oficinas de trabajo se hará uso de tubos rígidos. Para ello será necesario realizar aberturas en las paredes de cada una de las plantas.

Tanto la construcción de los cuartos de equipo como la instalación de las canalizaciones serán realizadas por una empresa de albañilería especializada en llevar a cabo este tipo de obra civil.

En base a las necesidades planteadas por el director del proyecto, así como las soluciones dadas a los problemas detectados para poder desarrollar y finalizar el proyecto de manera satisfactoria, el gerente del Edificio ZAL consideró oportuno llevar a cabo las obras indicadas anteriormente, permitiendo al director del proyecto continuar con éste.

## **Conclusiones para la segunda reunión**

En esta segunda reunión, el director del proyecto ha podido conocer los perfiles de cada uno de los grupos de trabajadores del Edificio ZAL. En base a las necesidades de esto he podido determinar los requisitos que debe tener el sistema de cableado estructurado. Deberá de ser un sistema que ofrezca un alto rendimiento para los trabajos realizados por el personal de tecnologías de la información, ya que muchas de las actividades que llevan a cabo estos trabajadores están relacionadas con datos e información vital de la empresa. También, el sistema de cableado deberá proporcionar conexión a INTERNET y permitir la compartición de archivos entre los diferentes trabajadores del Edificio ZAL.

El sistema deberá dar soporte para el uso compartido de la red por un gran número de personas al mismo tiempo, sin que se pierda rendimiento en las comunicaciones.

En base a las aplicaciones y servicios indicados por los usuarios, he elaborado un Top 10, con las aplicaciones y servicios más empleadas y las que se les debe de dar mayor prioridad que a las otras que se puedan emplear. Éstas pueden verse en la tabla 1.1.

En cuanto a la entrevista con el director del proyecto, se pudo dar el visto bueno a la solución propuesta

Tabla 1.1: *Top 11 de aplicaciones y servicios más empleados por trabajadores*

Top 11 Aplicaciones y servicios
Gestión Base de Datos
Gestión y administración de la red
Seguridad de la red
Aplicaciones de visualización
Ofimática
Paquetes financiero y economía
Compartición de ficheros
Correo electrónico
Internet
Tele servicio
Estudio de mercado y población

para los cuartos de equipos y las canalizaciones.

Llegados a este punto, estoy en condiciones de finalizar con el diseño del sistema de cableado estructurado, junto con el presupuesto de éste, para poder presentárselo al cliente y que lo evalúe.

### **Entrevista tercera: presentación del diseño y el presupuesto al cliente**

Este tercer encuentro se llevará a cabo en el despacho del gerente del Edificio ZAL.

#### **¿Qué desea obtener el director del proyecto con esta entrevista?**

Con esta tercera entrevista, el director del proyecto pretende presentar el diseño final del sistema de cableado estructurado al gerente del Edificio ZAL, con el fin de exponer el sistema de cableado estructurado diseñado en base a las características de dicho edificio y presentar el presupuesto para llevar a cabo dicho proyecto.

El director del proyecto desea que el diseño llevado a cabo sea aprobado y pueda pasarse a la fase de implantación. En caso de que exista cualquier tipo de problema o disconformidad que requiera rediseñar el sistema de cableado estructurado, será necesario llevar a cabo una nueva entrevista, donde se presente la solución dada para el problema y cómo quedaría el nuevo diseño realizado. Se realizarían tantas entrevistas adicionales como veces no estuviera el cliente conforme con el diseño.

#### **Desarrollo de la entrevista**

El director del proyecto presenta al cliente los planos realizados para el diseño del sistema de cableado estructurado. El cliente podrá contemplar diversos planos, cada uno de ellos con una información diferente.



En uno de ellos se podrá observar la distribución de los puestos de trabajo por cada una de las oficinas de trabajo de ambas torres, A y B, junto con los cuartos de equipos.

También existirán planos en los que se represente la ubicación de cada una de las cajas con las tomas de telecomunicaciones etiquetadas, junto con los cuartos de equipos y los repartidores de planta y edificio existentes.

Otros planos representarán la distribución del sistema de canalizaciones, empleado para instalar el cableado empleado en el sistema de cableado estructurado.

Se añadirá un plano más, en el que se podrá ver la interconexión que existe entre cada uno de los repartidores del Edificio ZAL, tanto de planta como de edificio.

También se le entregará al cliente una serie de esquemas, en los que se podrá observar la topología lógica del sistema de cableado estructurado para el Edificio ZAL. También, se hará entrega de un esquema en el que se muestre la distribución interna de cada uno de los racks empleados en los diferentes cuartos de equipo.

A parte de los planos y esquemas indicados anteriormente, se le hará al cliente durante la entrevista de toda la documentación referente a la fase de diseño, documentos tales como el pliego de condiciones y estados de mediciones.

Por último, al cliente se le presentará el presupuesto para la elaboración del proyecto.

### **Conclusiones de la entrevista**

Tras esta entrevista, el director del proyecto tan solo puede esperar a obtener una respuesta del gerente del Edificio, el cual indicará si está conforme o no con el proyecto. En caso de que exista algún tipo de disconformidad por parte del cliente, se deberá de llevar a cabo un estudio y posible rediseño del sistema de cableado estructurado, para que cumpla las indicaciones dadas por el cliente.

### **Entrevista cuarta: evaluación del diseño**

Esta cuarta entrevista se llevará a cabo entre el gerente del Edificio ZAL y el director del proyecto, en el despacho del gerente del edificio.

### **¿Qué desea obtener el director del proyecto con esta entrevista?**

El director del proyecto pretende obtener por parte del gerente un aprobado del diseño, ya que de esta forma se podría continuar con la ejecución del proyecto

### **Desarrollo de la entrevista**

El gerente indica al director del proyecto la conformidad de éste con el diseño llevado a cabo para el sistema de cableado estructurado, dando el visto bueno para continuar, pasando a la fase de implantación en el edificio.

El gerente indica al director del proyecto que se respete al máximo las instalaciones del Edificio ZAL, evitando provocar roturas o deterioro de éstas sin causa justificada. También, exige que todos los trabajos a realizar se lleven a cabo con todas las medidas de seguridad necesarias, evitándose así accidentes para el personal y conservación en buen estado, tanto de las instalaciones como de los equipos que se vayan a instalar.

### **Conclusiones de la entrevista**

Tras llevar a cabo esta cuarta entrevista, el director del proyecto ha podido confirmar que el diseño llevado a cabo para el Edificio ZAL está realizado a gusto del cliente, el gerente de dicho edificio. Una vez confirmado, se podrá continuar con la realización de éste.

Los siguientes pasos a seguir serán, en primer lugar, llevar la obra civil necesaria para adecuar el edificio, después, instalar el cableado estructurado, tanto el perteneciente al subsistema horizontal como el perteneciente al subsistema vertical. A continuación, se procederá a la certificación de todo el cableado estructurado instalado, así como de sus enlaces. Seguidamente, se procederá a instalar cada uno de los equipos activos de red en el interior de cada uno de los racks a emplear. Después de esto, se procederá a parchear los equipos de red.

Una vez que se han realizado cada una de las fases indicadas en el paso anterior, se podrá dar por concluido el proyecto, haciendo entrega al gerente del Edificio ZAL de toda la documentación necesaria, junto con la descripción de aquellos componentes que han sido empleados emplear para el proyecto de cableado estructurado del Edificio ZAL.

### Entrevista quinta: finalización del proyecto

Para poder dar por concluido el proyecto de cableado estructurado del Edificio ZAL será necesario tener una entrevista con el gerente de dicho edificio. Esta entrevista se llevará a cabo en el despacho del gerente del Edificio ZAL.

#### ¿Qué desea obtener el director del proyecto con esta entrevista?

El director del proyecto pretende que el gerente del Edificio ZAL esté conforme con el proyecto realizado, y que lleve a cabo la firma del contrato de fin de obra.

#### Desarrollo de la entrevista

Durante esta entrevista se procederá a firmar toda la documentación necesaria y hacer entrega de toda la documentación referente al proyecto, incluyéndose las fichas técnicas de los componentes empleados, así como de la certificación oficial llevada a cabo para cada uno de los cables de comunicaciones y enlaces instalados en el edificio.

El cliente podrá formular cualquier pregunta que estime oportuna llevar a cabo. En caso contrario, se finalizará definitivamente el proyecto de cableado estructurado para el Edificio ZAL.

## 1.3 Objeto y Alcance del proyecto

El proyecto que he desarrollado consiste en la definición de un sistema de cableado estructurado para dos edificios de oficinas, Torre A y Torre B, formando ambos el Edificio ZAL. Este sistema de cableado ha de ser capaz de satisfacer los siguientes objetivos:

- ✓ **Infraestructura física:** Proporcionar una infraestructura física que sea capaz de dar soporte a cualquier configuración lógica del siguiente nivel, considerando las aplicaciones que se tengan previsto implementar o, al menos, las más habituales.
- ✓ **Integración:** Poder integrar los servicios informáticos y telemáticos instalados, en vías de instalación o especificación del edificio, así como otros servicios futuros que se puedan instalar, independientemente de la tecnología y sistema de procesamiento de señales que puedan aparecer, de acuerdo a los estándares para transmisión de datos, voz e información en general.

- ✓ **Gestión y administración centralizada para todos los usuarios del sistema.**
- ✓ **Independencia:** El diseño del cableado debe permitir la independencia, en lo posible, de la tecnología y naturaleza de los sistemas a conectar, así como de la topología empleada en cada caso. También, la independencia de los fabricantes de los distintos componentes.
- ✓ **Flexibilidad y modularidad:** El sistema de cableado estructurado debe ser flexible y modular, de cara a futuras modificaciones y ampliaciones que se puedan llevar a cabo.
- ✓ **Normativa y calidad:** Cumplir con una normativa reconocida que garantice unos niveles de calidad de materiales e instalación, evitando ambigüedades en la homologación y aceptación del sistema de cableado.
- ✓ **Cumplir requisitos y medidas de seguridad:** se deberá de cumplir todos y cada uno de los protocolos de seguridad, necesarios para poder llevar a cabo un trabajo seguro y eficaz.

Este proyecto también incluye las prescripciones técnicas de los materiales utilizados, los procedimientos de ejecución material según la normativa vigente, las condiciones de certificación y la dirección de obra civil para la construcción de los cuartos de equipo y la instalación de los sistemas de distribución del cableado por el interior del Edificio ZAL. También, se realizará un estudio de los componentes y equipos activos de red que son necesarios adquirir. Los materiales serán adquiridos a cuantos suministradores sean oportunos. Se realizará un estado de mediciones, en el que se estudiará todos los componentes necesarios para el sistema de cableado estructurado completo, así como el número de unidades de cada uno de estos componentes. En base a este estudio se llevará a cabo el cálculo del presupuesto estimado para poder realizar este proyecto de cableado, incluyéndose el coste de certificación de la red, así de las empresas subcontratadas para habilitar el Edificio ZAL.

En cuanto al alcance del proyecto, éste se centra en el diseño, instalación y presupuestación de un sistema de cableado estructurado para el Edificio ZAL, pero no abarca aspectos relacionados con telefonía IP, redes inalámbricas, vídeo vigilancia. Tampoco se tratarán aspectos relacionados con la configuración de equipos activos de red, como son los switches.

El sistema de cableado estructurado será capaz de dar soporte a redes convergentes, para evitar problemas en un futuro y no tener que llevar a cabo modificaciones notables en el cableado estructurado. Se realizará un estudio teórico previo y, en base a este, se podrá tomar las decisiones pertinentes a la hora de definir y diseñar el sistema de cableado estructurado.

Las obras de albañilería que sean necesarias llevar a cabo en el edificio para la instalación del sistema de cableado, así como para adecuar espacios del interior del edificio, serán llevadas a cabo por una empresa de construcción subcontratada, llevándose a cabo la contratación y supervisión de la misma. Todo lo relacionado con elementos de electricidad que se deban instalar en los cuartos de equipos, así como en otras ubicaciones de ambas torres queda fuera del alcance de este proyecto, siendo responsabilidad del gerente del Edificio ZAL, o de otra persona en la que éste derive la responsabilidad, de llevar a cabo la contratación de una empresa especializada en este tipo de instalaciones eléctricas. El coste de esta contratación será reflejado en el presupuesto del proyecto.

Para la instalación del cableado horizontal y vertical del sistema de cableado estructurado, así como para la instalación de las tomas de telecomunicaciones y de la fabricación de las terminaciones del cableado, el director del proyecto se encargará de subcontratar una empresa de electricidad, especializada en llevar a cabo trabajos de telecomunicaciones. El coste de esta contratación será reflejado en el presupuesto del proyecto.

En base a los planos proporcionados por el arquitecto del proyecto, se diseñará el sistema de cableado estructurado. También, se realizará el diseño del espacio de trabajo, es decir, la ubicación de los

diferentes puestos de trabajo en cada una de las plantas de ambas torres, A y B, así como la distribución de las cajas que albergarán las tomas de telecomunicaciones y las canalizaciones que sean necesarias para distribuir el cableado. La configuración de los equipos de red que se empleen en el sistema de cableado a desarrollar no será llevada a cabo en este proyecto. El diseño lógico y físico de la red sí será llevado a cabo en este proyecto, así como la selección de los elementos de red a utilizar. También queda fuera del alcance del proyecto el diseño e instalación de sistemas y vías de ventilación para los cuartos de equipo y telecomunicaciones.

Este proyecto no tratará aspectos relacionados con la elaboración de contratos, así como formas o plazos de pago.

## 1.4 Caracteristicación Física del Inmueble

El edificio ZAL está formado por dos torres cilíndricas, torre A y torre B. Las plantas de ambas torres tienen forma circular, existiendo en cada una de ellas gran cantidad de cristalerías que proporcionan iluminación natural en el interior del edificio. Podemos verlo en la fotografía del edificio incluida en el apartado 1.2 "*Informe de Diagnóstico*". La torre A tiene 7 plantas y la torre B tiene 3 plantas, incluyéndose en ambos casos la planta baja. Ambas torres están unidas por un pasillo, ubicado en la planta baja de ambas torres. En dicho pasillo se encuentra el salón de actos del edificio ZAL. En el centro de cada una de las plantas de ambas torres se encuentran los aseos, de caballero y señora, adaptados para minusválidos. También, los ascensores y las escaleras.

En ambas torres las plantas no son independientes unas de otras. Éstas se dividen en dos circunferencias. La primera, la más externa, es donde se ubican las oficinas. La segunda, es donde se encuentran los ascensores, escaleras y aseos. Ambas circunferencias se comunican a través de pasarelas sólidas de hormigón. Existe un pequeño jardín interior ubicado en la planta baja de la torre B, con plantas y árboles.

El planteamiento funcional de las plantas está basado en oficinas de trabajo, salas de reuniones, salas de aprendizaje, cafetería, puesto de control y salón de actos, con multitud de espacios diáfanos en el interior de ambas torres. A continuación, pasaré a explicar el planteamiento funcional de las plantas de ambas torres.

El arquitecto que ha realizado los planos del edificio ZAL ha seguido la siguiente nomenclatura a la hora de nombrar a las habitaciones existentes en el interior de ambas torres.

<i>&lt;oficina&gt;&lt;torre&gt;&lt;número de planta&gt;&lt;número de oficina&gt;</i>
--

Decir que la numeración de las plantas comienza en el -1, siendo ésta el sótano del edificio. Veámoslo mejor con un ejemplo:

Oficina B002

Lo anterior se corresponde con la oficina dos, ubicada en la planta baja de la torre B. Para los locales, el arquitecto ha utilizado la siguiente forma de hacer referencia a ellos:

<i>&lt;Local&gt;&lt;número de local&gt;</i>
---

Como ejemplo,

Local 1

En cuanto a la nomenclatura utilizada para nombrar a las salas de reuniones que existen en ambas torres, se ha empleado la siguiente nomenclatura:

<i>&lt;sala de reuniones S&gt;&lt;torre&gt;&lt;número de planta&gt;&lt;número de habitación/oficina&gt;</i>
---

Veamos un ejemplo:

Sala de reuniones S B201

### 1.4.1 Mobiliario del Edificio ZAL

El mobiliario principal que he debido considerar a la hora de diseñar la distribución de los puestos de trabajo en cada una de las oficinas de ambas torres, ha sido el siguiente<sup>1</sup>:

- Sillón con respaldo alto giratorio, con elevación a gas y sistema sincro con brazos regulables en altura base de aluminio, modelo *tnk* serie 10, tapizado en color azul-gris.
- Mesa de oficina modelo Central, color Wengue, 1.80 x 0.80. dispone de mecanismo guía para el tendido de los latiguillos existentes en la mesa, como es el latiguillo del ordenador.
- armarios de 1.80 x 1.40 x 0.42, con 3 estantes reforzados con puertas en parte baja con cerradura. Cuerpo en color plata. Trasera, estantes, techo decorativo y puertas bajas en color plata.



Figura 1.2: Silla de oficina de trabajo

---

<sup>1</sup>Imágenes extraídas de la web de la empresa **actiu**. URL: <http://www.actiu.com/es>



Figura 1.3: *Mesa de Oficina de trabajo*



Figura 1.4: *Silla de Oficina de trabajo*

## Planta Baja

La planta baja es común a ambas torres, A y B. En ella, se encuentra el pasillo que comunica la torre A con la torre B. En éste se encuentra el salón de actos del edificio ZAL y un vestíbulo general de 568.15 metros cuadrados. El salón de actos dispondrá de cuatro tomas de telecomunicaciones, distribuidas en dos rosetas dobles, ubicadas a cada lado del escenario.

En la planta baja de la torre B se encuentra el puesto de control y la secretaria general, seis oficinas de trabajo y dos locales, un hall, ascensores, aseos y escaleras. En esta planta podemos encontrar las oficinas **B001, B002, B003, B004, B005, B006**. La oficina B006 es un aula de formación, destinada a la formación de los trabajadores que trabajan en ambas torres. La oficina B001 es la oficina de dirección del Edificio ZAL, destinada al despacho del gerente de dicho edificio. Cada una de las mesas existentes en esta aula dispondrá de un computador con dos tomas de telecomunicaciones asignadas, para que el trabajador pueda tener acceso a diferentes aspectos del curso que se le esté impartiendo, como puede ser el campus virtual, entre otros. También, en esta planta podemos encontrar el **local 2** y el **local 3**. Las tomas de telecomunicaciones ubicadas en esta planta se conectarán con el Repartidor de Planta ubicado en la planta 1ª de la Torre B.

En la planta baja de la torre A se ubica la cafetería del edificio ZAL. No hay oficinas de trabajo. Existen aseos, ascensores y escaleras en esta planta y el **local 1**. En el local 1 se construirá el local

de equipos donde se ubicará el Repartidor de Edificio, usado en el sistema de cableado estructurado del edificio ZAL. Para facilitar el acceso a dicho cuarto, la puerta se construirá por el lado del hall de la Torre A. las 4 tomas de telecomunicaciones ubicadas en el salón de actos se conectarán con el Repartidor de Planta ubicado en la planta 1ª de la Torre A.

### Primera Planta

En la planta primera de la torre A hay nueve oficinas de trabajo, **A101, A102, A103, A104, A105, A106, A107, A108, A109**, cada una con un puesto de trabajo por trabajador, y una caja con dos tomas de telecomunicaciones por puesto de trabajo. La oficina A104 está dedicada para impartir cursos de formación a los empleados que trabajan en el edificio ZAL. La distribución de esta planta también incluye escaleras, aseos y ascensores. Las tomas de telecomunicaciones ubicadas en esta planta se conectarán con el Repartidor de Planta ubicado en la planta 2ª de la Torre A.

En la planta primera de la torre B hay diecisiete oficinas de trabajo, **B101, B102, B103, B104, B105, B106, B107, B108, B109, B110, B111, B112, B113, B114, B115, B116, B117**, cada una con un puesto de trabajo por trabajador, y una caja con dos tomas de telecomunicaciones por puesto de trabajo. En la oficina B106 se encuentra ubicado el cuarto de equipos, en el que se almacena el Repartidor de Planta, que da servicio a las plantas segunda, primera y planta baja de la torre B. El motivo principal por el que se ha elegido esta oficina para construir este cuarto de equipos es porque por la dicha oficina pasa el patinillo interior, construido como preinstalación para poder distribuir el cableado de telecomunicaciones. A parte de esto, esta oficina se ha elegido por el área de ésta, ya que es una de las de mayor área de la primera planta de la torre B, por lo que el impacto que pueda producir a los trabajadores dicho cuarto se reduce. También, en esta planta existen ascensores, escaleras y aseos.

### Segunda Planta

En la segunda planta de la torre A hay nueve oficinas de trabajo, **A201, A202, A203, A204, A205, A206, A207, A208, A209**, cada una con un puesto de trabajo por trabajador, y una roseta con dos tomas de telecomunicaciones por puesto de trabajo. La oficina A 201 está dedicada a una sala de juntas. Ésta incluye dos rosetas y un total de cuatro tomas de telecomunicaciones. En la oficina A202 se encuentra el cuarto de equipos, donde se ubicará el repartidor de planta, que dará servicio a las plantas primera, segundo y tercera de la torre A. El motivo por el que se ha elegido dicha oficina es porque por ella pasa el patinillo interior para la Torre A, por lo que será el lugar idóneo, ya que el cableado vertical se distribuirá a través de este patinillo. La distribución de esta planta también incluye escaleras, aseos y ascensores.

En la segunda planta de la torre B hay 17 oficinas de trabajo, **B201, B202, B203, B204, B205, B206, B207, B208, B209, B210, B211, B212, B213, B214, B215, B216, B217**, cada una con un puesto de trabajo por trabajador, y una roseta con dos tomas de telecomunicaciones por puesto de trabajo. La Sala B201 está dedicada a una sala de reuniones. Ésta incluye dos cajas y un total de cuatro tomas de telecomunicaciones, dos por cada caja. En esta planta de la torre B no existe un cuarto de equipos para ubicar el repartidor de planta. La distribución de esta planta también incluye escaleras, aseos y ascensores. Las tomas de telecomunicaciones ubicadas en esta planta se conectarán con el Repartidor de Planta ubicado en la planta 1ª de la Torre B.

### Tercera Planta

La tercera planta de la torre A está formada por nueve oficinas de trabajo, **A301, A302, A303, A304, A305, A306, A307, A308, A309**, cada una con un puesto de trabajo por trabajador, y una caja con dos tomas de telecomunicaciones por puesto de trabajo. En esta planta no existe un cuarto de equipos ni una sala de juntas. La distribución de esta planta también incluye escaleras, aseos y ascensores. Las tomas de telecomunicaciones ubicadas en esta planta se conectarán con el Repartidor de Planta ubicado en la planta 2ª de la Torre A.

En la tercera planta de la torre B no existen oficinas de trabajo, ni salas de juntas o cuartos de equipos. En esta planta sólo se encuentran los aseos, ascensores, escaleras y acceso a la azotea de la torre B.

### Cuarta Planta

La planta cuarta de la Torre A tiene la siguiente distribución: nueve oficinas de trabajo, **A401, A402, A403, A404, A405, A406, A407, A408, A409**, cada una con un puesto de trabajo por trabajador, y una roseta con dos tomas de telecomunicaciones por puesto de trabajo. La sala A401 está destinada a una sala de reuniones, que incluye dos rosetas y un total de cuatro tomas de telecomunicaciones. La distribución de esta planta también incluye escaleras, aseos y ascensores. Las tomas de telecomunicaciones ubicadas en esta planta se conectarán con el Repartidor de Planta ubicado en la planta 5ª de la Torre A.

La planta cuarta de la Torre B no tiene distribución alguna. Se corresponde con la azotea de dicha torre.

### Quinta Planta

La planta quinta de la torre A tiene la siguiente distribución: nueve oficinas de trabajo, **A501, A502, A503, A504, A505, A506, A507, A508, A509**, cada una con un puesto de trabajo por trabajador, y una roseta con dos tomas de telecomunicaciones por puesto de trabajo. En la oficina A502 se construirá el cuarto de equipos, donde se ubicará el Repartidor de Planta que dará servicio de red a las plantas sexta, quinta y cuarta de esta torre. El motivo por el que se ha elegido dicha oficina es porque por ella pasa el patinillo interior para la Torre A, por lo que será el lugar idóneo, ya que el cableado vertical se distribuirá a través de este patinillo. La distribución de esta planta también incluye escaleras, aseos y ascensores.

### Sexta Planta

La planta sexta de la torre A tiene la siguiente distribución: nueve oficinas de trabajo, **A601, A602, A603, A604, A605, A606, A607, A608, A609**, cada una con un puesto de trabajo por trabajador, y una roseta con dos tomas de telecomunicaciones por puesto de trabajo. La sala A601 está destinada a una sala de reuniones. La distribución de esta planta también incluye escaleras, aseos y ascensores. Las tomas de telecomunicaciones ubicadas en esta planta se conectarán con el Repartidor de Planta ubicado en la planta 5ª de la Torre A.



### 1.4.2 Modificaciones Físicas a Realizar

Para poder implementar el sistema de cableado estructurado en ambas torres es necesario llevar a cabo ciertas modificaciones con respecto a la construcción inicial de éstas. Lo primero que se debe realizar es la construcción de los cuartos de equipo. El motivo de esta modificación es porque en la distribución de cada una de las plantas de ambas torres no existe ningún lugar idóneo, a priori, para ubicar tanto los elementos activos como los pasivos del sistema de cableado estructurado. Como se recogió en el apartado apartado 1.2 "*Informe de Diagnóstico*", es necesario llevar la construcción de cuartos de equipos destinados a contener estos elementos. El número de cuartos de equipo a construir son en total cuatro. Éstos son los siguientes:

- Cuarto de equipos en Primera Planta de Torre B.
- Cuarto de equipos en Quinta Planta de Torre A.
- Cuarto de equipos en segunda Planta de Torre A.
- Cuarto de equipos en Planta Baja de Torre A.

Como también se recoge en el apartado 1.2 "*Informe de Diagnóstico*", para distribuir los elementos pasivos por todo el complejo arquitectónico es necesario instalara canaletas. Éstas serán instaladas por cada una de las plantas en las que exista tomas de telecomunicaciones. Se emplean dos tipos de canalizaciones:

- Bandejas de metal sin perforar, empleadas en las zonas comunes del Edificio ZAL.
- Canaletas de PVC, empleadas en el interior de las oficinas de trabajo del Edificio ZAL.

También, para el cuarto de equipos construido en la planta baja, es necesario construir una puerta que de al pasillo de unión de ambas torres, para facilitar el acceso a este cuarto, ya que este local es el empleado para la cafetería del edificio ZAL.

## 1.5 Soluciones proyecto de cableado estructurado

En este capítulo está contenido todas las explicaciones referente a las decisiones que se han llevado a cabo a la hora de diseñar el sistema de cableado estructurado para el Edificio ZAL.

### 1.5.1 Distribución de puestos de trabajo

Para diseñar la distribución de los puestos de trabajo han sido necesarias las indicaciones dadas por el gerente del Edificio ZAL.

He considerado ubicar el aula de formación de la Torre A en la oficina **104**, debido a que este aula combina un espacio y una distribución adecuadas para ser destinada a este fin. En la Torre B, el aula de formación he considerado ubicarla en la oficina **B006**.

He considerado no incluir más de 6 puestos de trabajo por oficina, acondicionando el número al tamaño de cada una de ellas. Esta decisión la he tomado basándome en las indicaciones llevadas a cabo por

el gerente del Edificio ZAL, en la que, entre otras cosas, se indicaban la necesidad de disponer de oficinas despejadas y no sobre cargadas de trabajadores. Decir que las oficinas dedicadas a las aulas de formación no cumplirán esta restricción de 6 puestos de trabajo máximo por habitación.

La distribución de los puestos de trabajo es la misma para cada una de las oficinas distribuidas en las diferentes plantas de la Torre A y B. Decir que en la planta baja de la Torre B la distribución de los espacios de trabajo en el interior de las oficinas varía de las otras dos plantas, debido a que en esta planta baja se encuentra el aula de formación y el despacho del gerente del Edificio ZAL.

Como mobiliario básico para cada uno de los puestos de trabajo he considerado una mesa de oficina, una silla de oficina y un computador personal, usado por los trabajadores del Edificio ZAL. No se han tenido en cuenta otros aspectos, como podrían ser teléfonos, impresoras, entre otros.

### 1.5.2 Tomas de telecomunicaciones para puestos de trabajo

Cada uno de los puestos de trabajo distribuidos por las Torres A y B del Edificio ZAL tiene asignado una caja con dos tomas de telecomunicaciones RJ45. Una de estas dos tomas se utilizará, en condiciones generales, por el computador personal de cada uno de los puestos de trabajo. La otra toma de telecomunicaciones quedará libre.

Se ha seguido un criterio de densidad de tomas de telecomunicaciones igual a 2 tomas de telecomunicaciones de cable UTP, Categoría 6, cada 4 o 6  $m^2$ .

El motivo por el que he pensado asignar dos tomas de telecomunicaciones por puesto de trabajo y no una sola ha sido por los siguientes motivos:

- ✓ Usos futuros: El sistema de cableado estructurado, así como los equipos activos de red, tienen soporte para voz IP. Esto quiere decir que en un futuro se le puede asignar a cada trabajador, o a una serie de trabajadores, un teléfono IP, que necesitará de una toma de telecomunicaciones para poder funcionar.
- ✓ Problemas de escalabilidad: si se asigna una sola toma de telecomunicaciones por usuario y, por cualquier tipo de motivo, es necesario hacer uso de una toma de telecomunicaciones extra, habrá que llevar a cabo un rediseño del sistema, adquirir equipos nuevos, en definitiva, una pérdida de dinero innecesaria.
- ✓ Flexibilidad para el trabajador: el hecho de disponer de dos tomas de telecomunicaciones y, una de ellas permanentemente libre, concede a los trabajadores mayor flexibilidad para el caso de que deban conectar equipos a la red, sin preocuparse de desconectar su computador.

### 1.5.3 Cuartos de equipos: distribución y ubicación

El Edificio ZAL, a priori, no dispone de ninguna habitación o habitáculo donde poder ubicar los racks de telecomunicaciones, empleados para albergar la electrónica de red, así como otros componentes, como pueden ser las UPS, pasa hilos verticales y horizontales, entre otros, empleados en el sistema de cableado estructurado del Edificio ZAL.

Debido a la ausencia de este tipo de espacio, es necesario llevar a cabo una obra de albañilería, destinada a la construcción de cuartos de equipos para telecomunicaciones. Se considera necesario subcontratar a la empresa **CanoPlac**, que se encargará de dicha obra. Los materiales han sido considerados por dicha empresa y serán especificados en el capítulo "*Estado de Mediciones*", 5.

En los planos puede verse representados los cuartos de equipos. En el diseño se ha considerado que la construcción idónea para estos espacios debería ser en el interior de las torres, tanto A como B, ya que de esta manera se reduciría las distancias existentes entre cada uno de los cuartos de equipos y las tomas de telecomunicaciones.

Para poder determinar dónde construir los cuartos de equipo se han tenido en cuenta varios criterios. Éstos son:

- ✓ Ubicación de patinillo interior dedicado al cableado de telecomunicaciones. El gerente del Edificio ZAL indicó la existencia de unas canalizaciones existentes en el interior de ambas torres, llevabas a cabo durante la construcción de éstas, y cuya finalidad es proporcionar un espacio para instalar el cableado, tanto el perteneciente al subsistema de cableado horizontal como el vertical.
- ✓ Accesibilidad a los cuartos de equipos. Será necesario ubicar los cuartos de equipos en espacios donde se pueda acceder con facilidad. Si éstos se ubican en oficinas de trabajo ya existentes, se deberá hacer de forma que no delimite el espacio de la oficina donde se ubique y que no cause ningún tipo de problema para los trabajadores que trabajen en dicha oficina.
- ✓ Seguridad y control de acceso, para poder controlar quién controla los equipos activos de red, evitándose así cualquier tipo de problema.

En el Edificio ZAL se ha considerado construir cuatro cuartos de equipos, tres destinados para Repartidor de Planta y uno destinado a albergar el Repartidor de Edificio.

### **¿Por qué se ha considerado construir 3 cuartos de equipo para repartidores de planta?**

Cuando se llevó a cabo el diseño del sistema de cableado estructurado para el Edificio ZAL, a la hora de determinar el número de cuartos de equipo necesarios para dicho sistema, se presentaron dos opciones factibles:

#### **Opción primera**

Construir un cuarto de equipos por cada de las plantas de la Torre A y B. En cada uno de ellos se albergaría un Repartidor de Planta, existiendo así un Repartidor de Planta por planta de cada una de las dos Torres.

Llevar a cabo esta opción supone construir 10 cuartos de equipos, 9 para repartidores de planta y 1 para Repartidor de Edificio. Esto supone un incremento considerable en el presupuesto del sistema de cableado estructurado para el Edificio ZAL. Por ello, se planteó una segunda opción.

#### **Opción segunda**

Esta se basa en construir un cuarto de equipos, destinado a albergar un Repartidor de Planta que de servicio a 3 plantas de oficinas, para la Torre A y B.

Para poder decantarse por esta opción se debería de cumplir que la distancia máxima del cableado, desde la toma de telecomunicaciones ubicada en el puesto de trabajo hasta el Repartidor de Planta, no supere los 90 metros. Teniendo en cuenta que la separación entre plantas, para cada una de las torres, es de 3 metros, y de que la distancia máxima a la que se encuentra una toma de telecomunicaciones del Repartidor de Planta para la Torre A es inferior a 40 metros, y para la Torre B es inferior a 60 metros, se puede determinar que esta es, de entre las dos opciones planteadas, la más óptima, ya que reduce el número de cuartos de equipos de 10 cuartos a tan sólo 4 cuartos de equipos, 3 destinados a repartidores de planta y uno destinado a Repartidor de Edificio.

Por este motivo, se ha determinado construir un cuarto de equipos en la oficina **B105** de la Torre B, otro cuarto en el **local 1** en la planta baja de la Torre A, otro cuarto en la oficina **A202**, segunda planta de la Torre A y, por último, un cuarto de equipos en la oficina **A502**, quinta planta de la Torre A.

#### 1.5.4 Tecnología de red empleada

El sistema de cableado estructurado diseñado para el Edificio ZAL deberá dar soporte a la red que se establecerá para dicho edificio. Esta red será usada por cada uno de los trabajadores de dicho edificio, debiendo dar soporte para dicho uso.

Como pudo determinar el director del proyecto tras la entrevista segunda llevada a cabo entre éste y los representantes de los trabajadores del Edificio ZAL, las aplicaciones y servicios empleados por éstos últimos son muy variados, siendo los principales los que aparecen en la tabla 1.3.

Tabla 1.3: *Top 11 de aplicaciones y servicios más empleados por trabajadores*

Top 11 Aplicaciones y servicios
Gestión Base de Datos
Gestión y administración de la red
Seguridad de la red
Aplicaciones de visualización
Ofimática
Paquetes financiero y economía
Compartición de ficheros
Correo electrónico
Internet
Tele servicio
Estudio de mercado y población

De la tabla anterior cabe decir que existen aplicaciones, tales como *Gestión de Base de datos*, *Gestión y administración de la red* y *seguridad de la red*, que podrían considerarse aplicaciones críticas, ya que trabajan con aspectos delicados del Edificio ZAL, como pueden ser la seguridad de la red o la gestión de los datos de los trabajadores.

También, de la tabla anterior se puede determinar que hay aplicaciones que necesitarán de un buen sistema de comunicaciones para poder trabajar de manera correcta, sin que se produzcan pérdidas de información o retardos. Este tipo de aplicaciones son las de *tele servicio* y las *aplicaciones de visualización*.

Como ampliaciones futuras, el sistema de cableado estructurado deberá dar soporte a telefonía IP y cámaras de video vigilancia conectadas a la red. También, una aplicación que será implantada una vez que se de por terminada el proyecto es aplicación de tele servicio, que permitirá realizar

video conferencia. Se deberá emplear una tecnología de red adecuada que de soporte para todas estas aplicaciones y servicios, tanto las que serán implantadas de inmediato, como las pensadas como expansión futura.

Además de las aplicaciones anteriores, habrá otro grupo de trabajadores que hagan uso de paquetes ofimáticos y de finanzas, así como aplicaciones para estudio de mercado y de población.

Por último, cada uno de los trabajadores hará de servicio de correo electrónico, así como Internet y compartición de archivos entre los trabajadores del Edificio ZAL.

Analizando cada uno de los requisitos para las aplicaciones y servicios indicados anteriormente, se puede determinar que es necesario hacer uso de una tecnología de red y un cableado capaces de soportar tráfico abundante y continuo a través de la red, durante las horas de trabajo de cada uno de los trabajadores.

### Subsistema de cableado horizontal

Como ya se sabe, el cableado correspondiente al subsistema de cableado horizontal será aquel que se encargue de conectar cada una de las tomas de telecomunicaciones con el Repartidor de Edificio correspondiente. Este cableado será al que se conectará cada uno de los trabajadores del edificio, por lo que es muy importante que el cableado elegido para este subsistema tenga unas características acordes al tráfico que ha de soportar, para evitar que se produzcan cuellos de botella en la red por culpa del cableado elegido. El cableado que se ha decidido elegir para el subsistema de ***cableado horizontal es cableado de cobre sin apantallar (UTP), Categoría 6.***

Decir que, aunque los latiguillos empleados para parchear los equipos de red no son objeto de estudio del sistema de cableado estructurado, tal y como se indica en la norma EN 50173-1:2007, también serán cables de cobre sin apantallar (UTP), Categoría 6, para evitar posibles cuellos de botella en las comunicaciones en caso de que se utilice otro tipo de cableado de cobre.

#### ¿Por qué se ha elegido este cable?

El Edificio ZAL empleará una instalación de cableado mediana, la cual deberá soportar multitud de aplicaciones y servicios de manera concurrente, es decir, al mismo tiempo, debido a que los trabajadores estarán trabajando y haciendo uso de estas aplicaciones y servicios.

Dos son los motivos principales por los que se ha optado instalar este tipo de cableado:

- ✓ Características y prestaciones que ofrece.
- ✓ Expansiones futuras.

### Características y prestaciones que ofrece

En lo referente a las características y prestaciones ofrecidas por este tipo de cableado, cabe decir que, en primer lugar, el cableado UTP de categoría 6 ofrece un ancho de banda de 200 MHz. Con esto se consigue doblar el número de líneas de transmisión, permitiendo incrementar el rendimiento del cableado sin empeorar la calidad de transmisión.

También, con este cableado se consigue mejorar la pérdida de inserción, el NEXT, la pérdida de retorno y el ELFEXT. Estas mejoras permiten una mayor confidencialidad en la red que emplea este tipo de cableado, permitiendo que las aplicaciones y servicios sean más seguras de utilizar, ya que los errores

producidos, los datos corruptos y demás aspectos indeseables en las comunicaciones a través de una red se reducen considerablemente.

Otro motivo por el que se ha considerado hacer uso de este tipo de cableado es porque es capaz de soportar una velocidad de acceso a Internet más elevada que otros modelos de cableado, como puede ser cable UTP Categoría 5 o 5e.

### **Expansiones futuras**

También, un motivo que ha impulsado a elegir este tipo de cableado es las posibles expansiones futuras que se puedan llevar a cabo en el Edificio ZAL. Tal y como indicaba el gerente del edificio en la primera entrevista, dos expansiones futuras que tiene pensamiento de realizar son cámaras de video vigilancia conectadas a la red del edificio y telefonía IP. Si se emplea protocolo de calidad de servicio (QoS), la voz sobre IP tendrá prioridad sobre el resto de tráfico de la red. Para que no haya pérdida de rendimiento para otras aplicaciones y servicios será necesario hacer uso de un cableado que soporte gran cantidad de tráfico de red. El cableado de cobre UTP Categoría 6 es el idóneo para ofrecer este soporte.

Por todas las razones expuestas anteriormente se ha elegido este tipo de cableado.

### **Estándar de red elegido**

Para el subsistema de cableado horizontal se hará uso del estándar de ETHERNET **1000BASE-T**. El motivo por el que se ha decidido hacer uso de este estándar de Ethernet es porque proporciona una capacidad de transmisión de 1 Gigabit por segundo, correspondiente a unos 1024 Megabits por segundo de rendimiento. Esto permite un mayor rendimiento en las comunicaciones a través de la red, ya que la velocidad de transmisión es mayor. Esto, junto con las características indicadas anteriormente para el cableado de cobre UTP Categoría 6, hace que el sistema de cableado estructurado del Edificio ZAL de soporte para todas y cada una de las aplicaciones y servicios que se harán uso en este edificio, y que emplearán la red.

La elección de los switches de la Capa de Acceso estarán condicionada al estándar de red elegido, ya que estos equipos de red deberán de dar soporte al estándar 1000BASE-T, teniendo cada uno de sus puertos soporte para dicho estándar.

### **Subsistema de cableado vertical**

Para el subsistema de cableado vertical se ha empleado cableado de fibra óptica multimodo, Categoría OM3, Clase OF-300.

Decir que, aunque los latiguillos de parcheo para conectar los equipos de red ubicados en el Repartidor de Edificio quedan fuera del objeto de estudio del sistema de cableado estructurado, éstos también serán fibra óptica multimodo, Categoría OM3, Clase OF-300, evitándose así la posibilidad de que se produzcan posibles cuellos de botella, en caso de que se empleen otro tipo de cableado de fibra óptica.

#### **¿Por qué se ha elegido cableado de fibra óptica?**

Se ha elegido fibra óptica para el subsistema de cableado vertical por los siguientes motivos:

- ✓ Dar soporte a la interconexión entre conmutadores o switches.
- ✓ Soportar las posibles expansiones futuras que se pueden llevar a cabo en el Edificio ZAL.
- ✓ Evitar interferencias y corrupción de la señal por proximidad a cableado eléctrico.

### ¿Por qué fibra óptica multimodo, Categoría OM3, Clase OF-300?

Se ha elegido fibra óptica multimodo porque las distancias entre cada uno de los repartidores de planta y el Repartidor de Edificio no son muy elevadas, no superándose en ninguno de los casos los 100 metros de longitud de cable. Por ello, se ha pensado elegir este tipo de fibra óptica, cuya distancia máxima permitida es de 300 metros.

Otro motivo por el que se ha elegido este tipo de cableado de fibra óptica es porque soporta velocidades de hasta 10 Gbps, constituyendo enlaces entre los conmutadores con una velocidad de transmisión muy elevada.

### **Estándar de red elegido**

Para la fibra óptica multimodo se ha elegido el estándar Ethernet **10GBASE-SR**. El motivo por el que se ha considerado elegir este estándar Ethernet es, en primer lugar, por la garantía que da Ethernet. En segundo lugar, porque la distancia máxima que permite este tipo de estándar es de 300 metros, por lo que es aplicable al sistema de cableado estructurado del Edificio ZAL sin ningún tipo de problemas, ya que la distancia máxima entre los repartidores de equipo y el Repartidor de Planta para este edificio no supera los 100 metros. Por último, se ha considerado elegir una velocidad de transmisión de 10Gbps para permitir una conexión rápida entre conmutadores de la capa de acceso y la capa de núcleo colapsado, permitiendo un tráfico fluido y sin cuellos de botella, evitándose pérdida de rendimiento, retrasos en las comunicaciones y, en definitiva, situaciones no deseables para un correcto funcionamiento de todas y cada una de las aplicaciones y servicios a las que el sistema de cableado estructurado da soporte.

A raíz del estándar elegido, se deberá considerar elegir switches, pertenecientes a la capa de Núcleo Colapsado y que den soporte para el estándar 10GBASE-SR.

## **1.5.5 Topología de red**

### **Topología física de red**

La topología física de red, definida para el sistema de cableado estructurado del Edificio ZAL, es una topología de red en árbol, en la cual los repartidores de planta, ubicados en la planta 1ª de la Torre B, planta 2ª de la Torre A y planta 5ª de la Torre A, constituyen los nodos. El Repartidor de Edificio ubicado en la planta baja de la Torre A será el nodo raíz de dicha topología.

### **Topología lógica de red**

Según el modelo jerárquico de CISCO, la topología lógica de red empleada en el Edificio ZAL se basa en dos capas:

- ✓ Capa de Acceso.
- ✓ Capa de Núcleo Colapsado.

En la capa de acceso se encuentran los switches ubicados en cada uno de los repartidores de planta.

El motivo por el que se ha decidido hacer uso de una capa de núcleo colapsado, en vez de una capa de distribución y una capa de núcleo, es por la naturaleza del Edificio ZAL. Éste es un único edificio de

oficinas formado por dos torres, el tamaño de la red diseñada para este edificio es mediana/pequeña, por lo que se ha decidido considerar la combinación en una misma capa de la capa de distribución y de la capa de núcleo.

### 1.5.6 Elección de switches

Para el sistema de cableado estructurado diseñado para el Edificio ZAL, es necesario elegir previamente los conmutadores o switches que serán empleados. Las funcionalidades que deben satisfacer los equipos elegidos dependerán de la capa en la que éstos sean empleados.

Para llevar a cabo la selección de los switches que serán empleados en el sistema de cableado estructurado, me he basado en los criterios de selección tratados en el apartado "*diseño jerárquico*", [2.1](#).

#### Elección switch Capa de Acceso

Comenzaré el análisis con los switches de la capa de acceso.

Como podemos ver en el apartado "*diseño jerárquico*", [2.1](#), para los switches o conmutadores empleados en la capa de acceso debemos tener en cuenta los siguientes criterios:

- ▷ Seguridad de puerto.
- ▷ VLAN.
- ▷ Agregado de enlaces.
- ▷ Fast Ethernet/Gigabit Ethernet.
- ▷ PoE.
- ▷ Agregado de enlaces.

A parte de los criterios relativos a la capa de acceso, también es necesario tener en cuenta otros criterios. Estos son:

- ▷ Tipo de switch.
- ▷ Capa a la que pertenece.
- ▷ Número de puertos host.
- ▷ Tecnologías de puertos host.
- ▷ Puertos extra.
- ▷ Rendimiento de envío de paquete (tamaño de paquete de 64 bytes).
- ▷ Capacidad de conmutación.
- ▷ DHCP snooping.
- ▷ Memoria flash.



- ▷ Memoria RAM.
- ▷ Tamaño equipo (anchura x profundidad x altura).
- ▷ Peso equipo.
- ▷ Espacio ocupado en Rack.
- ▷ Precio de venta.

Decir que en base a los tres tipos de switches que existen actualmente en el mercado, de configuración fija, apilables y modulares, me he decantado por elegir modelos switches apilables por los siguientes motivos:

- ✓ Mayor medición a la hora de distribuir equipos en armarios de redes.
- ✓ Fácil instalación.
- ✓ Cómoda escalabilidad.
- ✓ Menor espacio ocupado.

Las empresas que he considerado seleccionar para llevar a cabo un estudio de los switches de 48 puertos que suministran para la capa de acceso son las siguientes:

- Juniper (<http://www.juniper.net/es/es>).
- Cisco (<http://www.cisco.com/es>).

He considerado que, en base a la alta densidad de puertos existentes en cada distribuidor de planta de ambas torres, Torre A y Torre B, he considerado seleccionar switches con 48 puertos Ethernet, que den soporte para 10/100/1000 Ethernet, así como puertos que den soporte para 10 Gb Ethernet. Éstos se emplearán para conectar cada switch de la capa de acceso con los switch correspondientes de la capa de distribución. Debido a que no existen dificultades de conexión a la hora de conectar equipos de red en cualquier parte del edificio, no será necesario adquirir switches que dispongan de PoE (Power Over Ethernet). Este hecho abarata los costes de compra de los switches.

Los modelos que he considerado adquirir como switches para la capa de acceso son los siguientes:

- Cisco Catalyst 3750E-48TD (Cisco). Vease [1.5](#)
- Cisco Catalyst 2960S-48TD-L (Cisco). Vease [1.6](#)
- EX 4200-48T-DC (Juniper). Vease [1.7](#)

Para llevar a cabo el estudio de los switches anteriores, realizaré una tabla comparativa, en la que se tendrá en cuenta los aspectos comentados al principio de este apartado. Decir que toda la información ha sido extraída de los sitios webs correspondientes a cada una de las empresas indicadas anteriormente.

Vease la tabla [1.5](#). En base a la tabla comparativa realizada y a la información que ésta contiene, se podrá llevar a cabo la elección del switch que será usado en la capa de acceso.

Figura 1.5: *Cisco Catalyst 3750E-48TD*Figura 1.6: *Cisco Catalyst 2960S-48TD-L*

Como podemos ver en la tabla, los tres switches sometidos a estudio satisfacen las características necesarias para un switch de capa de acceso. Además, si nos centramos en las características extras consideradas tener en cuenta a la hora de estudiar los switches, podemos observar como el switch "*Cisco Catalyst 2960S-48TD-L*" notablemente estos requisitos, ya que por el precio de coste del producto dispone de rendimiento de envío muy similar al de los otros dos switches estudiados.

En cuanto a la capacidad de conmutación, el switch "*JUNIPER EX 4200-48T-DC*" ofrece 264 Gbps, mientras que el switch "*Cisco Catalyst 3750E-48TD*" es el que ofrece una menor capacidad de conmutación, con 160 Gbps. El switch "*Cisco Catalyst 2960S-48TD-L*" ofrece una buena capacidad de conmutación, con 176 Gbps.

Otro aspecto importante a tener en cuenta para elegir un equipo u otro es el referente a los puertos extra de un equipo. El switch "*Cisco Catalyst 3750E-48TD*" dispone de dos ranuras para poderle añadir dos puertos extras de fibra óptica 10GBASE-RS o 4 puertos 10Gb Ethernet. Por otro lado, el switch "*Cisco Catalyst 2960S-48TD-L*" tiene la posibilidad de ser expandido con un módulo de dos puertos SFP+ 10Gb Ethernet o con dos puertos SFP 1 Gb Ethernet, pudiendo ser éstos puertos de fibra óptica. El switch "*JUNIPER EX 4200-48T-DC*" presenta más opciones de expansión, ya que puede ser expandido con 4 puertos GbE con conectores SFP o con 2 puertos de 10 GbE con conectores XFP o, por otro lado, con 2 puertos Dual-mode 10 GbE SFP+ / 4 puertos GbE SFP con conectores SFP+/SFP. En base a los requisitos que se han de satisfacer para la capa de acceso de la red cableada del edificio ZAL, el mejor equipo que se podría elegir en cuanto a puertos extras que satisficiera las necesidades presentes en el edificio ZAL sería el switch "*Cisco Catalyst 2960S-48TD-L*". Hemos de tener en cuenta que es importante proporcionar puertos con capacidad de conexión de 10GB para poder interconectar los switches de la capa de acceso con los switches de la capa de núcleo colapsado.

La densidad de puertos host en los tres switches es la misma, 48 puertos con tecnologías Ethernet 10Base-T, Ethernet 100Base-T, Ethernet 1000Base-T. No se ha considerado switches con una menor densidad de puertos host, ya que existe un gran número de tomas de telecomunicaciones para dar servicio, por lo que si se emplearan switches con menor número de puertos host el espacio necesario para los cuartos de equipos debería ser mayor que los ya diseñados para el proyecto de cableado estructurado.

Finalmente, se pasará a analizar el precio de los tres switches anteriores. El primero de ellos, "*Cisco Catalyst 3750E-48TD*", tiene un precio elevado, entre 5664.56€ y 12031,43€, ya que las prestaciones que tiene este switch pueden ser cubiertas por cualquiera de los otros dos switches. Si hablamos del segundo equipo, "*Cisco Catalyst 2960S-48TD-L*", el precio está entre 3252€ y 3600€. Este equipo presenta una buena relación calidad/precio, ya que proporciona todos los requisitos necesarios satisfacer para la



Figura 1.7: EX 4200-48T-DC

capa de acceso, además de todos los aspectos comentados en los párrafos anteriores, siendo su precio razonable. Por último, el switch "*JUNIPER EX 4200-48T-DC*" presenta un intervalo de precios que va de 5839.43€ a 8.363,67€. Es un precio razonable para las características de este equipo.

Basándome en el estudio llevado a cabo en los párrafos anteriores, puedo determinar que el switch que mejor se va a adaptar a las necesidades existentes en la capa de acceso de la red diseñada en el edificio ZAL es el switch "*Cisco Catalyst 2960S-48TD-L*", por calidad, prestaciones y precio de venta.

Decir, que este equipo necesitará hacer uso de un módulo SFP+, concretamente el modelo **Cisco SFP-10G-SR**.



Figura 1.8: módulo CISCO SFP-10G-SR

Para poder proporcionar conexión entre el switch del Repartidor de Planta y el switch del Repartidor de Edificio. Decir que, por cada uno de los switches se emplearán dos módulos **SFP-10G-SR**, para proporcionar redundancia al sistema de cableado, conectando cada switch de la capa de acceso a dos switches diferentes de la capa de núcleo colapsado. El precio de mercado para este módulo está comprendido entre 645.31€ y 2151.25€.

### Switch de capa de Núcleo Colapsado

Una vez que se ha seleccionado el switch más conveniente para la capa de acceso, se llevará a cabo la selección del switch para la capa de núcleo de colapsado. Los switches empleados en esta capa deberán de satisfacer las características de los switches de capa de distribución y de capa núcleo. Estos requisitos desglosados por capas son los siguientes:

- Capa de Distribución
  - ✓ Enrutamiento de VLAN.
  - ✓ Políticas de seguridad.
  - ✓ Calidad de servicio.

Tabla 1.5: *Tabla Comparativa switches Capa Acceso*

	Modelos de switches a comparar		
Características	Cisco Catalyst 3750E-48TD	Catalyst 2960S-48TD-L	EX 4200-48T-DC
Tipo switch	Configuración fija/apilable	Configuración fija/apilable	Configuración fija/apilable
Capa	2-3	2	2-3
Número de puertos host	48 puertos Ethernet RJ45	48 puertos Ethernet RJ45	48 puertos Ethernet RJ45
Tecnologías puertos host	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ethernet 10Base-T</li> <li>• Ethernet 100Base-T</li> <li>• Ethernet 1000Base-T</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ethernet 10Base-T</li> <li>• Ethernet 100Base-T</li> <li>• Ethernet 1000Base-T</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ethernet 10Base-T</li> <li>• Ethernet 100Base-T</li> <li>• Ethernet 1000Base-T</li> </ul>
Rendimiento de envío(paquete de 64 bytes)	101.2 Mpps	101.2 Mpps	101 Mpps
Capacidad de conmutación	160 Gbps	176 Gbps	264Gbps
Seguridad de puertos	Sí	Sí	Sí
VLAN	Sí	Sí	Sí
Agregado de enlaces	Sí	Sí	Sí
PoE	No	No	No
DHCP Snooping	Sí	Sí	Sí
Memoria FLASH	256 MB	256 MB	1 GB
Memoria RAM	256 MB	128 MB	1 GB
Tamaño (anchoxprofundoxalto)	44.45cmx45.97cmx4.57cm	44.5cmx29.9cmx4.5cm	44.2cmx41.7cmx4.1cm
Peso	8.62 kg	4.8 kg	7.8 kg
Espacio en rack	1 U	1 U	1 U
Precio	5664.56€-12031.43€	3252-3600€	5839.43€-8363.67€

- Capa Núcleo
  - ✓ Agregado de enlaces.
  - ✓ Redundancia.

Los modelos que he seleccionado como posibles candidatos para el switch de la capa de núcleo colapsado son:

- HP 5900AF-48XG-4QSFP (HP). Vease [1.9](#).
- Cisco Catalyst 4900M (Cisco). Vease [1.10](#).
- EX4500-40F-VC1-BF (Juniper). Vease [1.11](#).

A parte de los criterios relativos a la capa de núcleo colapsado, también es necesario tener en cuenta otros criterios. Estos son:

- ▷ Tipo de switch.



Figura 1.9: HP 5900 AF



Figura 1.10: Cisco Catalyst 4900M

- ▷ Capa a la que pertenece.
- ▷ Calidad de servicio (QoS).
- ▷ Número de puertos host.
- ▷ Tecnologías de puertos host.
- ▷ Tipo de conector de los puertos host.
- ▷ Puertos extra.
- ▷ Rendimiento de envío de paquete (tamaño de paquete de 64 bytes).
- ▷ Capacidad de conmutación.
- ▷ Memoria flash.
- ▷ Memoria RAM.
- ▷ Tamaño equipo(anchura x profundidad x altura).
- ▷ Peso equipo.
- ▷ Espacio ocupado en RACK.
- ▷ Precio de venta del equipo.

El criterio Calidad de *servicio* (*QoS*) se ha considerado necesario porque en el Edificio ZAL se llevarán a cabo video conferencias. Además, tal y como indicó el gerente del Edificio en la primera entrevista llevada a cabo con el director del proyecto, como expansión futura se pensaba hacer uso de cámaras de video vigilancia conectadas a la red del edificio, así como telefonía IP.

Para poder comparar del todo los tres equipos anteriores, teniendo en cuenta que el switch de Cisco, "*Cisco Catalyst 4900M*", necesita hacer uso de módulos X2, teniendo éstos un precio no incluido en el del switch. Por ello, será necesario ver el precio de estos modelos.

Figura 1.11: *Juniper EX4500*

El módulo concreto que se usará será **Cisco X2-10GB-SR**. Este módulo es compatible con fibra óptica multimodo, Categoría OM3, Clase OF-300 y Categoría OM4, Clase OF-400. La codificación de color empleada es beige y el tipo de conector es SC.

Figura 1.12: *módulo Cisco X2-10GB-SR*

El precio de mercado para los módulos **Cisco X2-10GB-SR** está comprendido entre 842.48€ y 1249.95€. Como sabemos, la fibra óptica necesita de un hilo en cada sentido para poder realizar la transmisión de información. Para el sistema de cableado estructurado que se ha diseñado para el Edificio ZAL se tiene 15 switches, distribuidos en los tres repartidores de planta. Cada uno de estos switches será conectado a un módulo X2 como el que hemos visto en la figura anterior. Por ello, se necesitarán como mínimo 15 módulos **Cisco X2-10GB-SR**.

También, debido a que el switch comprado no proporciona slots suficientes como para tener 15 puertos de fibra óptica, será necesario adquirir un half card con 8 slots con posibilidad de conectar hasta 8 módulos X2-10GB-SR.

En base a la tabla comparativa, vease 1.6, se pasará a elegir el switch que más se ajuste a las necesidades existentes en el Edificio ZAL. Debemos partir de la base de que dicho edificio tiene una infraestructura de red pequeña-mediana, donde la densidad de tomas de telecomunicaciones, y por consiguiente, de switches necesarios para dar servicios a dichas tomas es bajo. Por ello, en la capa de núcleo colapsado no será necesario disponer de switches de fibra óptica con una elevada densidad de puertos, ya que para la infraestructura de red que se ha diseñado sólo es necesario 15 puertos de fibra óptica.

Partiendo de que los tres switches comparados en la tabla anterior cumplen con los requerimientos necesarios para la capa de núcleo colapsado, me decantaré por seleccionar el switch de Cisco, modelo 4900M, debido a que este es el que proporciona mayor flexibilidad de entre los switches estudiados para esta capa, ya que permite añadir half card con slots para conectar módulos X2, hasta un total de 24 puertos de fibra óptica. En cuanto al precio, el precio aproximado del switch Cisco 4900M rondaría los 22796€ por switch, estando este valor comprendido en el intervalo de precios generados por los tres switches sometidos a comparativa.

Por todo lo anterior determino que el switch que dará servicio al sistema de cableado estructurado en la capa de núcleo colapsado para el Edificio ZAL será el Cisco 4900M.



Figura 1.13: Módulo de expansión con 8 slots para X2-10GB-SR

El precio de mercado para este módulo de expansión está comprendido entre 3387,13€-4456.95€.

### 1.5.7 Distribución interna de racks

#### Racks Repartidor de Planta

Para cada Repartidor de Planta del Edificio ZAL se ha empleado un rack de telecomunicaciones. Estos armarios han de ser desmontables para poder facilitar el transporte e instalación en el cuarto de equipos donde irá ubicado. Los racks deberán contar con cerradura, para evitar manipulaciones malintencionadas de los equipos de red que éstos contienen.

Se ha considerado dos tipos de medidas de capacidad, 30U y 47U, debido a que el rack ubicado en el Repartidor de Planta de la Torre B deberá de contener un mayor número de equipos, tanto activos como pasivos, por lo que la capacidad del rack ha de ser mayor. Sin embargo, en los repartidores de planta de la Torre A, el número de tomas de telecomunicaciones a las que se les da servicio es menor, por lo que el número de equipos activos y pasivos de cada rack será menor.

La conexión de los switches ubicados en la capa de acceso es redundante con los switches de la capa núcleo colapsado, ya que cada switch de la capa de acceso se conecta a dos switches diferentes de la capa de núcleo colapsado. Se ha tomado esta decisión de conexión ya que de esta forma se consigue una mayor seguridad en las comunicaciones, ya que si alguno de los dos switches de la capa núcleo colapsado deja de funcionar, las comunicaciones se redirigirán por el otro switch que permanezca activo.

El motivo por el que se ha considerado hacer uso de equipos UPS (SAI en español) en los racks ha sido para garantizar la seguridad e integridad de los equipos activos de red, así como para garantizar la no pérdida de información en caso de picos de tensión en el sistema de electricidad del Edificio ZAL. Si se diera alguna situación que provocase el corte de la electricidad, los equipos activos de red seguirían funcionando gracias a las baterías de las UPS, permitiendo llevar a cabo un apagado controlado de todos los equipos de red, sin provocar pérdidas de datos o información.

Se ha determinado hacer uso de switches de 48 puertos, en vez de switches con otra densidad de puertos, para optimizar al máximo el espacio disponible, pudiendo ocupar un espacio menor, dando la misma calidad de servicio a cada una de las tomas de telecomunicaciones distribuidas por el Edificio ZAL.

Los patch panels se han considerado también de 48 puertos, para poder aglutinar en un mismo espacio un mayor número de conectores, reduciendo la ocupación final y obteniendo los mismos resultados.

He considerado ubicar entre switch y switch un pasa hilos horizontal para distribuir los latiguillos de parcheo de manera correcta, permitiéndose realizar una conexión correcta y una distribución de los latiguillos que permitan mantener el interior de cada uno de los racks lo más ordenado posible.



Decir que de los quince switches empleados en total para los tres repartidores de planta del Edificio ZAL, tienen completos sus 48 puertos 12 de ellos.

- Switch 7 del rack 1, Repartidor de Planta Torre B, tiene libres 18 puertos RJ 45.
- Switch 4 del rack 2, Repartidor de Planta 5ª planta Torre A, tiene libre 24 puertos RJ 45.
- Switch 4 del rack 3, Repartidor de Planta 2ª planta Torre A, tiene libre 15 puertos RJ 45.

Estos puertos libres permitirán que, en caso de modificaciones futuras que sean necesarios realizar, se puedan conectar nuevas tomas de telecomunicaciones a cada uno de los switches, evitando la adquisición de nuevos equipos, siempre y cuando existan tomas libres suficientes en los switches indicados anteriormente.

En lo referente a la conexión con el subsistema de cableado vertical, será necesario hacer uso de latiguillos y patch de fibra óptica con conectores tipo LC en ambos extremos. El uso de este tipo de conector está condicionado a que los módulos **SFP-10G-SR**, empleados en los switches de la capa de acceso, tienen conectores de tipo LC.

### Repartidor de Edificio

El rack 4, correspondiente al Repartidor de Edificio, estará formado por un rack desmontable, con 24U de capacidad y unas medidas de 800mm x 800mm (ancho x profundo). El tamaño de este rack es más reducido debido a que el número de equipos que ha de contener es menor. Este rack ha de disponer de una cerradura, pudiéndose controlar el acceso al mismo y a los equipos que éste contiene.

Decir que en este rack existe un número elevado de espacio libre debido a que se usará para albergar los equipos del proveedor de red, permitiendo la conexión del sistema de cableado estructurado del Edificio ZAL con la red WAN.

En el rack 4 se ubicarán los dos switches de fibra óptica, para los que se empleará conectores tipo SC, por los motivos indicados en el apartado [1.5.6](#)

He decidido hacer uso de un switch con slots para módulos de expansión debido a la flexibilidad que este tipo de switch ofrece. De esta forma, se puede evitar el tener un número de puertos libres sin necesidad. En caso de que fuera necesario añadir nuevos puertos de fibra óptica, sólo habría que adquirir nuevos módulos X2 y conectarlos directamente al switch. Decir que la densidad máxima para el modelo de switch empleado para la capa de núcleo colapsado es de 24 puertos SC.

Como ya se sabe, el empleo de dos switches iguales es para conseguir redundancia en la conexión entre la capa de acceso y la capa de núcleo colapsado, dando mayor estabilidad a la red establecida.

Entre los dos switches de la capa de núcleo colapsado se ha establecido una conexión, a través de un latiguillo con conectores SC conectado a un módulo X2. El motivo por el que se ha realizado esta conexión ha sido para proporcionar redundancia a la red en la capa de núcleo colapsado.

Para el rack 4 también he considerado hacer uso de un equipo UPS, que mantendrá los equipos activos de red encendidos en caso de que se produzca cualquier corte en la alimentación eléctrica de cualquiera de los dos switches. Se empleará uno y no dos porque cada equipo UPS tiene 4 salidas de alimentación.

En este rack también se encuentran dos patch panels, empleados para interconectar el cableado vertical del edificio con los switches de la capa de núcleo colapsado, haciendo uso de latiguillos de parcheo de



fibra óptica. Se hará uso de un patch panel de fibra óptica con 24 puertos SC y otro patch de fibra óptica con 6 puertos SC, dando servicio a las 30 parejas de cables de fibra óptica, procedentes de los switches de la capa de acceso. Decir que, en caso de que se produjese una expansión futura del sistema de cableado estructurado del Edificio ZAL sería necesario adquirir nuevos patch panels de fibra óptica e instalarlos en el Repartidor de Edificio.

### 1.5.8 Canalizaciones empleadas para instalación del cableado

En el Edificio ZAL existe una serie de patinillos interiores, destinados a instalar el cableado de telecomunicaciones en el edificio. Sin embargo, no existe ningún sistema de canalizaciones destinado a distribuir el cableado de telecomunicaciones por las oficinas de trabajo o por las zonas comunes del edificio. Por ello, será necesario llevar a cabo una adaptación del Edificio para acondicionarlo y que esté en condiciones de dar soporte para un sistema de cableado estructurado de telecomunicaciones.

#### Canalizaciones para subsistema de cableado vertical

A parte de los patinillos interiores existentes en el Edificio ZAL y destinados a la distribución del cableado de telecomunicaciones, en dicho edificio no existe ninguna infraestructura más que permita instalar el cableado perteneciente al subsistema de cableado vertical.

Por ello, ha sido necesario considerar la instalación de una serie de bandejas metálicas no perforadas, cuyas características pueden verse en el capítulo "Pliego de Condiciones" 4.

Las bandejas se emplearán para distribuir el cableado vertical por las zonas comunes de ambas torres del Edificio ZAL. Permitirá distribuir el cableado que interconectará el rack 1, perteneciente a un Repartidor de Edificio, con el rack 4, perteneciente al Repartidor de Edificio.

Cada una de estas bandejas tendrá dos soportes, que se emplearán para soportar la carga del cableado instalado en las canaletas.

Debido a que en los pasillos de ambas torres del Edificio ZAL existe un falso techo, he considerado conveniente instalar las canaletas en el techo, permitiendo ser tapadas por las láminas del falso techo, conservando la estética del edificio.

La instalación de las bandejas será realizada por la misma empresa de albañilería subcontratada para la construcción de los cuartos de equipos.

He decidido hacer uso de bandejas y no canaletas porque el número de cables que se pueden instalar en las bandejas es mayor que el número de cables que se puede instalar en las canaletas.

#### Canalizaciones para subsistema de cableado horizontal

Para la distribución del cableado perteneciente al subsistema de cableado horizontal se hará uso de bandejas y canaletas de PVC.

En el Edificio ZAL no existe un sistema de canalizaciones para distribuir el cableado de red desde los repartidores de planta hasta el interior de cada una de las oficinas de trabajo de ambas torres. Por ello, será necesario realizar la instalación de las canalizaciones pertinentes para poder dar soporte y permitir la instalación de dicho cableado de red.

La empresa que se encargará de llevar a cabo dicha obra será la empresa de albañilería encargada de construir el cuarto de equipos.

El subsistema de cableado horizontal del Edificio ZAL se caracteriza por cubrir varias plantas. Para instalar el cableado perteneciente a una planta diferente a la que se encuentra el Repartidor de Edificio se hará uso de los patinillos interiores existentes en el Edificio ZAL. En un principio, estos patinillos estaban pensados para distribuir únicamente el cableado vertical del sistema de cableado estructurado pero, gracias a que la fibra óptica no se ve influenciada por el cableado de cobre, se podrá llevar a cabo la instalación del cableado de cobre por dichos patinillos.

Para instalar el cableado en el interior de las oficinas de trabajo se empleará canaletas de PVC. El sistema de canalizaciones en el interior de las oficinas será de la siguiente forma. Se tendrá una canaleta de PVC central, que cruzará la oficina. Las cajas que albergan las tomas de telecomunicaciones serán empotradas en las canaletas empleadas para la distribución del cableado en el interior de las oficinas de trabajo de ambas torres. He pensado llevar a cabo esta distribución para tener una única canalización, por la que se distribuirá todos los cables de cobre de cada una de las oficinas.

Para distribuir el cableado horizontal desde las tomas de telecomunicaciones hasta cada uno de los Repartidores de equipo se emplearán el mismo tipo de bandeja empleada para la instalación del cableado vertical. Estas bandejas se instalarán en los pasillos de cada una de las plantas del Edificio ZAL. Serán colocadas en el techo y cubiertas por un falso techo, existente en los pasillos de cada una de las plantas de ambas torres. Se ha tomado esta decisión por motivos de estética.

La instalación de las bandejas será realizada por la misma empresa que lleva a cabo la construcción de los cuartos de equipos.

El motivo por el que he decidido realizar la instalación del cableado horizontal por los pasillos en bandejas es porque permite instalar una mayor cantidad de cable de cobre. En el interior de las oficinas de trabajo, la densidad de cableado es menor, por lo que se puede hacer uso de canaletas de PVC, con las cajas empotradas.

Decir que en cada una de las oficinas de trabajo existe una canaleta de PVC hasta donde llegan todos los cables de cobre contenidos en la oficina. Esa canaleta de cobre estará ubicada junto a la puerta de acceso a la oficina de trabajo y llegará hasta el techo de la oficina.

Para poder pasar el cableado desde el interior de las oficinas de trabajo a las bandejas ubicadas en el pasillo será necesario hacer una perforación en la pared y emplear un tubo rígido, por el que se distribuirá el cableado de cobre. Este tubo rígido quedará oculto gracias al falso techo existente en las oficinas de trabajo y que tapará esta canalización realizada en la pared.

### 1.5.9 Certificación

Para que se pueda garantizar que la instalación del cableado, que dará soporte al sistema de cableado estructurado, se ha realizado de manera correcta, será necesario llevar a cabo una certificación.

Para ello, habrá que contratar a una empresa certificadora oficial, que se encargará de certificar cada una de las tomas de telecomunicaciones de cableado de cobre UTP, categoría 6. También, llevará a cabo la certificación de cada uno de los enlaces de fibra óptica existentes entre cada uno de los repartidores de planta y el Repartidor de Edificio.

Una vez que se haya finalizado con la certificación de todo lo anteriormente indicado, el certificador que ha llevado a cabo el trabajo emitirá un informe favorable o desfavorable de la instalación. Esto dependerá si todos y cada uno de las tomas de telecomunicaciones y enlaces de fibra pasan los parámetros

de certificación.

El informe de certificación será entregado al gerente del Edificio ZAL una vez se de por finalizada el proyecto de cableado estructurado, junto al resto de documentación a entregar.

Tabla 1.6: Tabla Comparativa switches Capa Núcleo Colapsado

Características	Modelos de switches a comparar		
	HP 5900AF-48XG-4QSFP (HP)	Cisco Catalyst 4900M (Cisco)	EX4500-40F-VC1-BF (Juniper)
Tipo switch	Configuración fija/apilable	Configuración fija/apilable	Configuración fija/apilable
Capa	2-3	2-3	2-3
Número de puertos host	48 48 puertos fibra óptica multimodo	424 puertos fibra óptica multimodo usando 8 puertos 10 Gigabit Ethernet (X2) half Card	40 puertos de fibra óptica multimodo SFP+
Tecnologías puertos host	1000/10000 SFP+	10 GBASE-SR	10 GBASE-SR
Tipo de conector puertos host	Conector fibra óptica multimodo,tipo LC	Conector fibra óptica multimodo,tipo LC	Conector fibra óptica multimodo,tipo LC
Puertos extra	<ul style="list-style-type: none"> <li>•4 QSFP+ 40GbE</li> <li>•1 serie consola,RJ45</li> <li>•De gestión fuera de banda ,RJ45</li> <li>•un puerto USB 2.0</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•20 10/100/1000 RJ45 (usando half card)</li> <li>•4 Ethernet 10Gb ,Ethernet(X2) half card</li> <li>•8 Ethernet10GBASE-T, ,RJ45(usando half card)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•8 10GbE SFP+</li> <li>•1 Ethernet 10/100/1000 ,RJ45 Ethernet,gestión</li> <li>•Puerto de consola</li> </ul>
Enrutamiento de VLAN	Sí	Sí	Sí
Políticas de seguridad	Sí	Sí	Sí
Calidad de Servicio(QoS)	Sí	Sí	Sí
Agregado de enlaces	Sí	Sí	Sí
Redundancia	Sí	Sí	Sí
Rendimiento de envío(paquete de 64 bytes)	952 Mpps	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 250 Mpps (IPv4)</li> <li>• 125 Mpss (IPv6)</li> </ul>	101 Mpps
Capacidad de conmutación	1280 Gbps	320 Gbps	960 Gbps
Seguridad de puertos	Sí	Sí	Sí
VLAN	Sí	Sí	Sí
Agregado de enlaces	Sí	Sí	Sí
Memoria FLASH	512 MB	17.5 MB	1 GB
Memoria RAM	2 GB SDRAM	512 MB	2 GB
Tamaño (anchoxprofundoxalto)	66cmx44cmx4.36cm	45.5cmx43.7cmx8.9cm	53.6cmx43.8cmx8.9cm
Peso	13 kg	15.4 kg	17 kg
Espacio en rack	1 U	2 U	2 U
Precio	24199€	7720.69€-14400€	17958.47€

## Capítulo 2

### Estudio teórico previo

## 2.1 Diseño Jerárquico

### 2.1.1 Introducción

Para el diseño de una LAN empleada en pequeñas y medianas empresas, una de las mejores opciones debido a su alta probabilidad de éxito, es la red jerárquica. Una red jerárquica permite una expansión más sencilla, así como una administración más cómoda, pudiéndose resolver los problemas que surjan de una manera más sencilla.

En el diseño jerárquico existen tres capas o niveles independientes entre si. Cada una de estas capas tiene funciones específicas. La división del diseño hace que éste se convierta en un diseño modular. Esto facilita la escalabilidad y el rendimiento. Las capas que componen el modelo de diseño jerárquico son:

Para el diseño de una LAN empleada en pequeñas y medianas empresas, una de las mejores opciones debido a su alta probabilidad de éxito, es la red jerárquica. Una red jerárquica permite una expansión más sencilla, así como una administración más cómoda, pudiéndose resolver los problemas que surjan de una manera más sencilla.

En el diseño jerárquico existen tres capas o niveles independientes entre si. Cada una de estas capas tiene funciones específicas. La división del diseño hace que éste se convierta en un diseño modular. Esto facilita la escalabilidad y el rendimiento. Las capas que componen el modelo de diseño jerárquico son:

- ✓ Capa de acceso.
- ✓ Capa de distribución.
- ✓ Capa núcleo.

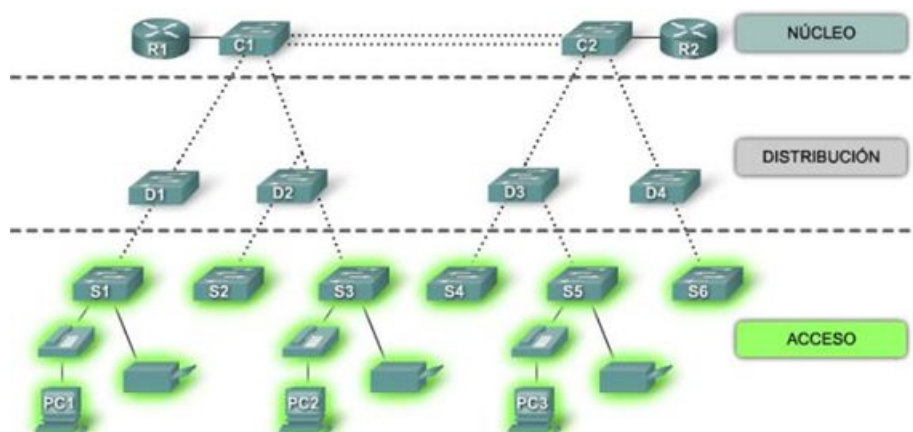


Figura 2.1: Modelo de redes jerárquicas

A continuación, pasaremos a ver detalladamente cada una de estas capas.

### 2.1.2 Capa de Acceso

Es la capa más baja en la jerárquica del modelo de diseño jerárquico. Esta capa hace de interfaz entre los dispositivos finales, computadoras, entre otros, para proveer acceso al resto de la red. Esta capa puede incluir los siguientes dispositivos de red:

- Routers.
- Switches.
- Bridges.
- Hubs.
- Puntos de acceso inalámbricos.

La finalidad de esta capa es aportar un medio de conexión de los dispositivos a la red y controlar qué dispositivos pueden comunicarse en la red.

### 2.1.3 Capa de Distribución

La capa de distribución se corresponde con la segunda capa del modelo de diseño jerárquico. Esta capa se encarga de agregar los datos que recibe de los switches de la capa de acceso antes que de que se transmitan a la capa núcleo para el enrutamiento hacia su destino final.

La capa de distribución se encarga de:

- ✓ **Controlar:** controla el flujo de tráfico de la red con el uso de políticas.
- ✓ **Trazar dominios:** traza los dominios de broadcast al realizar el enrutamiento de las funciones entre las VLAN (LAN virtuales) que se definen en la capa de acceso. Con las VLAN se puede segmentar el tráfico sobre un switch en subredes separadas.

Los switches usados en esta capa deben tener una disponibilidad y redundancia altas para que se pueda asegurar la fiabilidad de la LAN.

### 2.1.4 Capa Núcleo

Es la capa superior del modelo de diseño jerárquico. Ésta es la backbone de alta velocidad de la internetwork y es esencial para la interconectividad entre los dispositivos de la capa de distribución. Es por ello importante que el núcleo sea sumamente disponible y redundante. El área del núcleo también puede conectarse a los recursos de Internet. Como el núcleo agrega el tráfico de todos los dispositivos de la capa de distribución debe poder renviar grandes cantidades de datos rápidamente.

En redes pequeñas, podría darse el caso de que se implemente un modelo de núcleo colapsado, en el que se combinan la capa de distribución y la capa núcleo en una misma capa.

### 2.1.5 Beneficios de una Red Jerárquica

En este apartado veremos los beneficios más importantes que se consiguen con una red jerárquica.

#### Escalabilidad

Las redes jerárquicas escalan muy bien. Gracias a la modularidad del diseño se puede reproducir exactamente los elementos del diseño a medida que la red crece. Como cada instancia del módulo es consistente, es fácil planificar e implementar la expansión que se puede producir.

Para que se pueda manejar la carga adicional que se genera cuando se agregan nuevos switches de la capa de distribución para adaptar la carga de los switches de la capa de acceso, se pueden agregar switches extra de la capa núcleo.

#### Redundancia

La disponibilidad de una red aumenta su importancia a medida que ésta crece. Con una red jerárquica puede realizarse implementaciones redundantes fáciles. La forma sería conectando cada switch de la capa de acceso a, como mínimo, dos switches diferentes de la capa de distribución. De esta forma, si alguno de los switches de la capa de distribución falla, se puede conmutar por otro de los switches a los que está conectado el switch de la capa de acceso. Cada switch de la capa de distribución se puede conectar a dos o más switches de la capa núcleo, todos ellos diferentes. De esta forma, la caída de alguno de los switches de la capa núcleo no influye en el funcionamiento de la red jerárquica. En la única capa en la que no se podría llevar a cabo redundancia de caminos es en la capa de acceso, debido a que la mayoría de los dispositivos finales, computadoras, impresoras, entre otros, no permiten conectarse a switches múltiples. Los fallos de los switches de la capa de acceso sólo afectan a los dispositivos finales conectados a ese switch.

#### Rendimiento

Se mejora el rendimiento, ya que no se permite la transmisión de datos a través de switches intermedios de bajo rendimiento. Los datos son enviados por enlaces del puerto desde un switch de la capa de acceso hasta un switch de la capa de distribución casi alcanzando la velocidad del cable. La capa de distribución hace uso de sus capacidades de conmutar para reenviar el tráfico hacia el núcleo, donde se enruta hacia su destino final.

Las redes jerárquicas con un buen diseño pueden alcanzar la velocidad del cableado entre todos los dispositivos.

#### Seguridad

Se consigue una seguridad mejor y más fácil de administrar. Los switches de la capa de acceso pueden ser configurados con varias opciones de seguridad del puerto, proveyendo control sobre qué dispositivos se permite conectar a la red. También, se tiene flexibilidad a la hora de hacer uso de políticas de seguridad más avanzadas en la capa de distribución. Se pueden aplicar las políticas de control de acceso que definen qué protocolos de comunicación se implementan en una red jerárquica y dónde se les permite dirigirse.

#### Facilidad de Administración

Se tiene una administración simple en este modelo jerárquico. Cada una de las capas cumple funciones específicas que son consistentes en toda esa capa. Es por esto que, si se debe realizar un cambio en la funcionalidad de un switch de la capa de acceso, dicho cambio se podría repetir en todos los switches de la capa de acceso porque se supone que cumplen las mismas funciones en su capa.



Se pueden implementar switches nuevos de manera simple, debido a que se pueden copiar las configuraciones del switch entre los dispositivos, produciéndose pocas modificaciones.

La consistencia entre los switches de cada una de las capas permite una recuperación rápida y la simplificación de la resolución de problemas.

Como consejo decir que hay que asegurarse de que las configuraciones se encuentren bien documentadas.

### **Capacidad de mantenimiento**

Como las redes jerárquicas son modulares y escalan fácilmente son sencillas de mantener.

Con este modelo se facilita la elección del switch para cada capa, porque las funciones de los switches están definidas para cada una de las capas. Estas funciones son diferentes en cada capa, por ello, se puede ahorrar dinero, utilizando switches de la capa de acceso menos costosos e invirtiendo mayor cantidad de dinero en los switches de la capa de distribución y la capa núcleo, consiguiéndose así un rendimiento alto en la red.

## **2.1.6 Principios de Diseño de Redes Jerárquicas**

Que una red tenga un diseño jerárquico no significa que esté bien diseñada. Para diferenciar las redes jerárquicas con un buen diseño de las redes jerárquicas con un diseño deficiente existe una serie de guías.

### **Diámetro de la red**

El diámetro de la red es el número de dispositivos que un paquete debe cruzar antes de alcanzar su destino. Mantener bajo el diámetro de la red asegura una latencia baja y predecible entre los dispositivos.

Por latencia de red entendemos como el tiempo que transcurre mientras un dispositivo procesa un paquete o una trama. Cada switch debe determinar la dirección MAC de destino de la trama, verificar la tabla de la dirección MAC y enviar la trama al puerto apropiado. El tiempo para todo este proceso aumenta a medida que una trama debe cruzar varios switches.

Decir que en una red jerárquica, el diámetro de la red siempre va a ser un número predecible de saltos entre el dispositivo origen y el dispositivo destino.

Vease figura 2.2.

### **Agregado de ancho de banda**

El agregado de ancho de banda se puede producir en cualquiera de las capas del modelo de redes jerárquicas. El agregado de ancho de banda consiste en considerar los requisitos de ancho de banda específicos de cada parte de la jerarquía. Conociendo los requisitos de ancho de banda de la red, se pueden agregar enlaces entre switches específicos. Esto se denomina agregado de enlaces. Esto permite que se combinen los enlaces de puerto de los switches múltiples con la finalidad de conseguir un rendimiento superior entre los switches.

Vease figura 2.3.

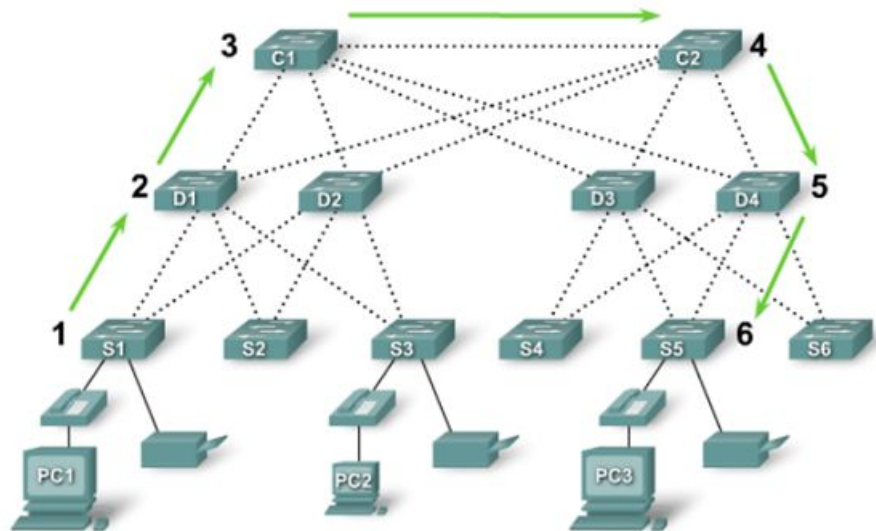


Figura 2.2: Diámetro de una red

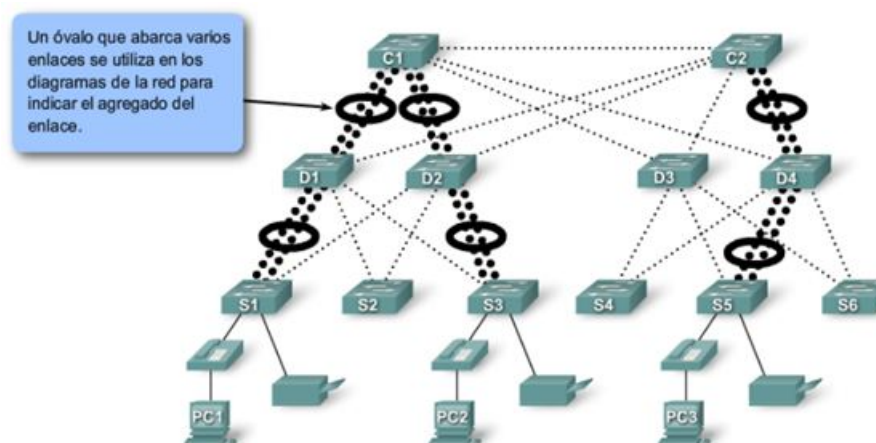


Figura 2.3: Agregado de ancho de banda

### Redundancia

La redundancia es empleada en la creación de una red altamente disponible. Varias formas de proporcionar redundancia.

Una forma de proporcionar redundancia es **duplicando conexiones** entre los dispositivos o se pueden duplicar los propios dispositivos. Esto puede ser costoso.

Hay casos en los que no se pueden controlar la disponibilidad de la red. Por ejemplo, si se produce una interrupción de energía eléctrica, se producen unas inundaciones o si el edificio se derrumba.

Vease figura 2.4.

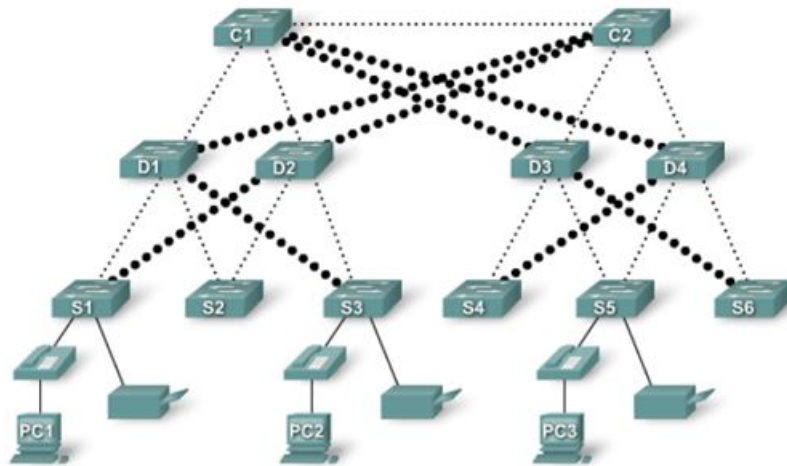


Figura 2.4: Redundancia de enlaces

### Comience en la Capa de Acceso

Los requisitos de diseño están determinados por las metas comerciales de la organización. Los pasos a seguir son:

- (1) Documentar los requisitos de diseño.
- (2) Seleccionar el equipo.
- (3) Seleccionar la infraestructura para implementar el diseño.

Cuando se comienza la selección del equipo en la capa de acceso, se puede asegurar de que se adapta a todos los dispositivos de la red que necesitan acceso a la red. Teniendo en cuenta los dispositivos finales que se van a conectar a la red jerárquica, podemos hacernos una idea del número de switches de la capa de acceso que se necesitan. El número de switches de la capa de acceso, así como el tráfico estimado que cada switch de la capa de acceso genera nos ayuda a determinar cuántos switches de la capa de distribución se necesitan para lograr el rendimiento y la redundancia necesarios para la red. A partir del número de switches de la capa de distribución se puede determinar el número de switches de la capa núcleo que son necesarios para mantener el rendimiento de la red.

#### 2.1.7 ¿Qué es una Red Convergente?

Una red convergente es aquella que ejecuta servicios de voz y vídeo sobre la red de datos. Los beneficios de las redes convergentes son:

- ✓ Existencia de una sola red para administrar. El uso de una red única quiere decir que el usuario sólo debe administrar una infraestructura conectada por cables.
- ✓ Menor coste de implementación y administración. Sólo se debe implementar una infraestructura de red única y sólo se necesita un equipo que administra tanto la red de voz y vídeo como la de datos.

En un principio, las redes convergentes fueron factibles para grandes empresas, por los siguientes motivos:

- Compleja infraestructura de red y la dificultad de mantenimiento.
- Coste de los switches que soportan los requisitos adicionales de ancho de banda es mayor.
- Necesitan administración extendida relacionada con la Calidad de Servicio (QoS).
- Falta de experiencia en la administración de estas redes.
- Equipos antiguos obstaculizan el proceso. Equipos para telefonía analógica.

Gracias a los avances tecnológicos las redes convergentes se han extendido en la pequeña y mediana empresa. Hoy en día este tipo de red es más fácil de implementar y administrar la convergencia. También, la adquisición es menos costosa.

Las redes convergentes ofrecen nuevas opciones. Se pueden unir comunicaciones de voz y vídeo directamente en el ordenador personal de un empleado. Se eliminan los teléfonos y los equipos de videoconferencias caros. Estas herramientas se conocen como tele software.

Gracias al uso de una red jerárquica apropiadamente diseñada y la implementación de políticas de QoS que dan prioridad a los datos de audio, los datos de voz se pueden converger en una red de datos existente con muy poco o ningún impacto en la calidad del audio.

También, los datos de videoconferencias pueden consumir un ancho de banda significativo en una red. Mediante el uso de una red jerárquica bien diseñada y la implementación de políticas de QoS, que dan prioridad a los datos de vídeo, hace que los datos converjan en una red de datos existentes sin apenas impacto en la calidad de vídeo.

### 2.1.8 Consideraciones para los switches de las Redes Jerárquicas

Es necesario tener en cuenta una serie de consideraciones a la hora de elegir los switches para cada una de las capas en una red jerárquica.

#### Análisis de flujo de tráfico

Las redes jerárquicas deben de dar soporte para el tráfico que se genera en una empresa. Es necesario seleccionar switches para la capa núcleo, capa de distribución y capa de acceso para que pueda adaptarse a los requerimientos del ancho de banda de red.

Es interesante y necesario analizar y registrar regularmente los análisis de flujo de tráfico.

#### Análisis de flujo de tráfico

Se corresponde con el proceso de medición del uso del ancho de banda en una red y el análisis de datos para conseguir ajustes del rendimiento, planificación de la capacidad y toma de decisiones a la hora de las mejoras del hardware. Para analizar el flujo de tráfico se usa software específico.

El tráfico de la red es la cantidad de datos enviados durante un cierto período de tiempo. Todos los datos de la red contribuyen con el tráfico.

Este análisis del flujo de tráfico es útil para considerar cuánto tiempo se puede utilizar los equipos de red, satisfaciendo el ancho de banda necesario.

### **Herramientas de Análisis**

Son herramientas de análisis de flujo de tráfico que registran automáticamente los datos de flujo de tráfico en una base de datos y realizan un análisis de tendencias. Para obtener herramientas freeware de recopilación y de análisis, podemos visitar la siguiente web:

<http://www.cisco.com/warp/public/732/Tech/nmp/netflow/partners/freeware/index.html>

### **Análisis de las comunidades de usuarios**

Consiste en el proceso de identificación de varios grupos de usuarios y su influencia en el rendimiento de la red. Cómo se agrupan los usuarios influye en la densidad de puerto y con el flujo de tráfico.

### **Crecimiento futuro**

Se debe investigar el tráfico de red generado por las aplicaciones de los usuarios finales. Midiendo el tráfico de red generado para todas las aplicaciones en uso por las diferentes comunidades de usuarios y dónde están ubicados los datos, se puede identificar el efecto de sumar más usuarios a esa comunidad.

La ubicación de las comunidades de usuarios influye en el lugar donde se localizan los almacenamientos de datos y los servidores centrales.

Ubicando los usuarios cerca de sus servidores y de sus medios de almacenamiento de datos, se reduce el diámetro de la red para sus comunicaciones y reducir el impacto de su tráfico a través del resto de la red.

### **Análisis de los medios de almacenamiento de datos y de los servidores de datos**

Para analizar el tráfico en una red, se debe considerar dónde se ubican los medios de almacenamiento y los servidores de datos para que se pueda determinar el impacto del tráfico en la red. Los medios de almacenamiento de datos son:

- Servidores.
- Redes de Almacenamiento de datos (SAN).
- Almacenamiento adjunto a redes (NAS).
- Unidades de copia de respaldo en cinta o en otro dispositivo para almacenar datos.

Para eliminar cuellos de botella debemos considerar el agregado de ancho de banda y las tasas de envío del switch.

Tráfico entre servidor y servidor es el tráfico que se genera entre dispositivos de almacenamiento de datos en red. Para optimizar el tráfico entre servidor y servidor es recomendable que se sitúen a una corta distancia unos de otros, para que no afecte al rendimiento del resto de la red.

En el centro de datos o cuarto de equipos se ubican los switches. Estos switches tienen un alto rendimiento.

### **Diagramas de topologías**

Es una representación gráfica de la infraestructura de una red. En él se indica:

- Cómo se interconectan todos los switches, así como detalles de qué puerto del switch interconecta los dispositivos.
- Muestra toda ruta redundante y puertos agregados entre los switches.
- Dónde y cuántos switches están en uso en la red que representa.
- Información sobre las densidades de los dispositivos y de las comunidades de usuario.
- Identificación visual de los cuellos de botella potenciales en un tráfico de red.
- Ubicación de los servidores y medidas de almacenamiento de datos.

### 2.1.9 Características de los switches

En este apartado se estudiarán las características que se deben tener en cuenta para los switches.

#### Factores de forma de los switches

Hay tres factores de forma:

- ✓ Configuración fija o configuración modular.
- ✓ Configuración apilable y no apilable.
- ✓ Grosor del switch. Se expresa en cantidad de bastidores o U.

#### Switches de configuración fija

Son switches con configuración fija. No se pueden agregar características u opciones al switch más allá de las que viene con el switch.

#### Switches modulares

Son aquellos que ofrecen más flexibilidad en su configuración. Suelen tener chasis de diferentes tamaños que permiten la instalación de diferentes números de tarjetas de líneas modulares. Estas tarjetas son las que contienen los puertos.

#### Switches modulares

Son aquellos switches que se pueden interconectar con el uso de cableado especial de backplane que otorga rendimiento de ancho de banda entre los switches. Los switches apilados operan con efectividad como un único switch más grande. Se usan cuando:

- Tolerancia a fallos y la disponibilidad de ancho de banda son críticas.
- Resulta costoso implementar un switch modular.

Las velocidades son habitualmente más rápidas que cuando se utilizan puertos de línea para la conexión de switches. Algunos modelos de switches podemos verlos en la figura [2.5](#)

#### Rendimiento



Figura 2.5: Tipos de switches

Es la capacidad del switch para admitir los requerimientos de densidad de puerto, tasas de reenvío y agregado de ancho de banda de la red.

### **Densidad de puerto**

Es el número de puertos disponibles en un switch único.

Las altas densidades de puerto permiten un mejor uso del espacio y de la energía.

Switches de configuración fija admiten hasta 48 puertos en un único dispositivo. Los switches modulares pueden admitir densidades de puerto muy altas, agregando tarjetas de línea de puerto de switch múltiples.

Con respecto al tema de los cuellos de botella del enlace, en los switches de configuración fija, para que se consiga el rendimiento esperado, se puede llegar a consumir muchos puertos adicionales para el agregado de ancho de banda. En los switches modulares, gracias al cableado backplane del chasis, se consigue el ancho de banda necesario.

### **Velocidad de envío**

Las tasas de reenvío definen las capacidades de procesamiento de un switch estimando la cantidad de datos que puede procesar por segundo el switch. Esta tasa es importante considerarla cuando se elige un switch.

La velocidad es la tasa de datos que cada puerto en el switch puede lograr, 100Mb/s Fast Ethernet 1000Mb/s Gigabit Ethernet.

Como los switches de la capa de acceso están limitados por sus enlaces en la capa de distribución, éstos no necesitan operar a velocidad de cable completa. Por lo que se utilizarán switches menos costosos en la capa de acceso y más costosos en la capa de distribución y núcleo.

### **Agregado de enlaces**

Debemos determinar si existen puertos suficientes en un switch para agregar y así admitir el ancho de banda requerido.

La velocidad de cable describe la tasa máxima y teórica de transmisión de datos de una conexión.

El agregado de enlace ayuda a reducir estos cuellos de botella del tráfico. Básicamente, existen dos tecnologías que implementan el agregado de enlaces. Éstas son:

- Tecnología EthernetChannel: permite que un grupo de enlaces físicos de Ethernet cree un enlace lógico para proporcionar tolerancia a fallos y enlaces de alta velocidad entre switches, routers y servidores. Esta tecnología es propiedad de Cisco.
- Estándar IEEE 802.3ad: estándar abierto que describe cómo utilizar varios enlaces Ethernet full-dúplex en la comunicación de equipos, repartiendo el tráfico entre ambos. Se basa en agrupar varios dispositivos que trabajan simultáneamente a su velocidad máxima como si fueran un único enlace de mayor capacidad

En la figura 2.6 podemos ver una representación gráfica de la agregación de enlaces.

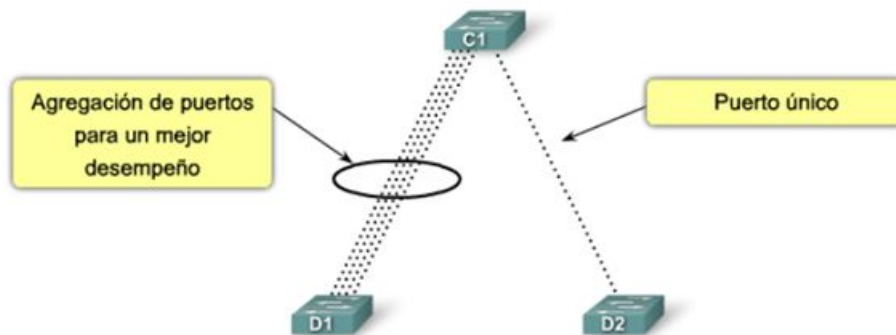


Figura 2.6: Agregado de enlaces

### ***Power over Ethernet (POE)***

POE permite que un switch suministre energía a un dispositivo por el cableado de Ethernet existente. Se consigue con esto mayor flexibilidad al instalar puntos de acceso inalámbricos y teléfonos IP.

Se debe usar switch con POE si es realmente necesario, porque los switches con esta tecnología son caros. En la figura 2.7 podemos ver los puertos POE de un teléfono IP de CISCO.

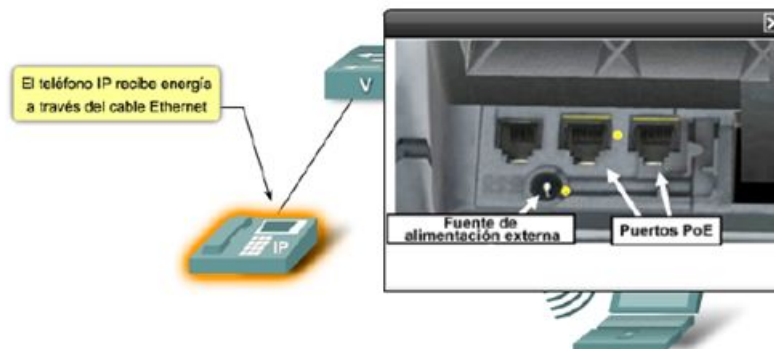


Figura 2.7: Ejemplo de puertos POE

### ***Funciones de la capa 3***



Los switches suelen operar en la capa 2 del modelo OSI. Se ocupan de las direcciones MAC de los dispositivos conectados con los puertos del switch.

Los switches de la capa 3 ofrecen una funcionalidad avanzada. Estos switches reciben el nombre de switches multicapas.

### 2.1.10 Características del switch de una Red Jerárquica

En este apartado estudiaremos las características que deben tener los switches para cada una de las capas del modelo jerárquico.

#### Características del switch de la Capa de Acceso

Los switches de esta capa facilitan la conexión de los dispositivos de nodo final a la red. Las características que deben tener son:

- ✓ Seguridad de puerto.
- ✓ VLAN.
- ✓ Fast Ethernet/Gigabit Ethernet.
- ✓ POE.
- ✓ Agregado de Enlaces.

A las características anteriores que debe cumplir todo switch perteneciente a la capa de acceso, añadiría que el switch de la capa de acceso dispusiera de DHCP snooping. En la figura 2.1.2 se recogen las características de la Capa de Acceso.

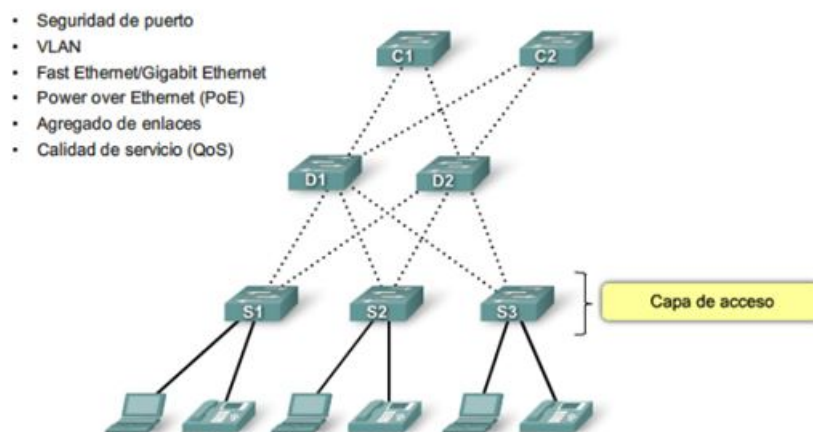


Figura 2.8: Características Capa de Acceso

#### Seguridad

Permite que el switch decida cuántos y qué dispositivos específicos se permiten conectar al switch. La seguridad de puerto se aplica en el acceso.

#### VLAN

Componente importante de una red convergente. El tráfico de voz habitualmente recibe una VLAN separada. Así, el tráfico de voz puede tener más ancho de banda, conexiones más redundantes y seguridad mejorada.

Los switches de la capa de acceso pueden crear las VLAN para los dispositivos finales de una red.

### Velocidad de puerto

Se debe elegir entre los puertos de switch Fast Ethernet y Gigabit Ethernet. Fast Ethernet es adecuada para telefonía IP y tráfico de datos en muchas redes comerciales. Se permite hasta 100 Mb/s. Tiene un rendimiento menor que los puertos Gigabit Ethernet, que permiten hasta 1000Mb/s de tráfico por puerto de switch. Esto permite transferencias de datos más eficaces, siendo los usuarios más productivos. Los switches Gigabit Ethernet son más caros.

### POE

PoE incrementa el coste de un switch. Se debe emplear sólo cuando sea necesario. Útil usando puntos de acceso inalámbricos o convergencia de voz.

### Agregado de enlaces

Permite que el switch utilice enlaces múltiples simultáneamente. Los switches de capa de acceso se benefician con el agregado de enlaces cuando se agrega ancho de banda hasta los switches de capa de distribución.

El cuello de botella de la comunicación suele estar en la conexión de enlace entre el switch de capa de acceso y el switch de capa de distribución. La tasa interna de envío de los switches de capa de acceso no necesita ser tan alta como el enlace entre los switches de capa de distribución y los de capa de acceso. Decir que la tasa interna de envío no ofrece problemas para los switches de capa de acceso porque sólo manejan el tráfico desde los dispositivos finales y lo renvían a los switches de capa de distribución.

Para las redes convergentes los switches de esta capa necesitan admitir QoS para mantener la prioridad del tráfico. Se debe permitir QoS para que se le pueda dar prioridad al tráfico de voz.

### DHCP snooping

DCHP snooping son una serie de técnicas pertenecientes a la capa 2 del modelo TCP/IP que se emplean para asegurar la integridad de una dirección IP en un dominio de switch de la capa 2. Se emplea para:

- Seguimiento de la ubicación física de los puertos host.
- Asegurarse de que los puertos host sólo emplean las direcciones IP asignadas a los mismos.
- Asegurarse de que sólo los servidores DHCP son accesibles.

Haciendo uso de DCHP snooping sólo tendrán acceso al servidor DCHP a través de un puerto del switch aquellas direcciones IP con una dirección MAC específica que esté incluida en la lista de direcciones MAC correspondiente al puerto que se conecta con el servidor DCHP.

Con el uso de DCHP snooping se consigue que sólo se tenga acceso al servidor DHCP por un puerto en concreto, obteniendo mayor seguridad y evitando que se lleven a cabo prácticas dañinas para la seguridad de la red, así como de los datos que por ella navega. Por ejemplo, con DHCP snooping se evita que se lleve a cabo un man-in-the-middle.

### Características del switch de la Capa de Distribución

Los switches de esta capa tienen un papel importante en la red. Se encargan de recopilar todos los datos de los switches de la capa de acceso y enviarlos a los switches de capa núcleo. Las características que deben tener estos switches son:

- ✓ Enrutamiento de VLAN.
- ✓ Políticas de seguridad.
- ✓ Calidad de servicio.

### Enrutamiento de VLAN

Los switches de la capa de distribución proporcionan funciones de enrutamiento entre las VLAN, permitiendo que una VLAN se pueda comunicar con otra en la red. Para ello, se necesita que los switches de esta capa tengan funcionales de la Capa 3. Los switches de la capa de distribución tienen capacidades de procesamiento más altas que los switches de capa de acceso. También, los switches de esta capa le quitan carga de trabajo a los switches de capa núcleo.

### Políticas de seguridad

Se aplica funcionalidad de la Capa 3 para que los switches de la capa de distribución puedan aplicar al tráfico de redes políticas de seguridad avanzada.

Se usan listas de acceso para controlar cómo fluye el tráfico a través de la red. Una lista de acceso (ACL) permite:

- Un switch impida ciertos tipos de tráfico y autorice otros.
- Controlar qué dispositivos de red pueden comunicarse en la red.

### Calidad de servicio

Los switches de la capa de distribución necesitan admitir QoS para mantener la prioridad del tráfico que proviene de los switches de la capa de acceso que implementaron QoS.

Las políticas de prioridad sirven para garantizar un ancho de banda adecuado para las comunicaciones de voz y vídeo, garantizando una calidad aceptable del servicio. Para mantener la prioridad de los datos de voz y vídeo de la red, todos los switches que envían datos de voz deben admitir QoS, ya que si no todos los switches admiten QoS los beneficios de éste se reducen, produciendo rendimiento y calidad deficientes en las comunicaciones de vídeo.

Los switches de la capa de distribución también deberían admitir:

- Redundancia para una disponibilidad adecuada.
- Múltiples fuentes de energía, intercambiables en caliente.
- Agregado de enlaces: Los switches de capa de acceso utilizan múltiples enlaces en la conexión con switches de la capa de distribución para asegurar un correcto ancho de banda, para dar un ancho de banda adecuado y tolerancia a fallos mayor. Por ello, los switches de capa de distribución

necesitan enlaces agregados de un alto ancho de banda de regreso a los switches de capa núcleo. Los nuevos modelos admiten enlaces agregados de 10 Gigabit Ethernet en los switches de capa núcleo.

### Características del switch de capa núcleo

Los switches de esta capa deben ser capaces de manejar tasa muy altas de renvío. Esta tasa de renvío requerida depende mucho del número de dispositivos que participan en la red. Para determinar la tasa de renvío se debería realizar informes de flujo de tráfico y análisis de las comunidades de usuarios.

Es importante considerar las necesidades para el presente pero, también, para un futuro cercano, porque si se elige un switch inadecuado se pueden producir cuellos de botella en el núcleo, haciendo que las comunicaciones sean más lentas.

Las características que deben satisfacer los switches para esta capa son:

- ✓ Agregado de enlaces.
- ✓ Redundancia.

### Agregado de enlaces

Los switches de esta capa deben ser capaces de admitir agregado de enlaces para garantizar el ancho de banda que llega a la capa núcleo y proviene de los switches de la capa de distribución. Actualmente, el soporte de los switches de la capa de distribución debe dar soporte para conexiones agregadas de 10 GbE.

### Redundancia

En la capa núcleo es esencial crear toda la redundancia que se pueda. Redundancia de la Capa 3 presenta una convergencia más veloz que la redundancia de la Capa 2, cuando se produce fallo del hardware.

En este contexto, la convergencia se refiere al tiempo que le consume a la red la adaptación a un cambio. No confundir con una red convergente.

Es necesario asegurar que los switches de la capa 3 admiten funciones de la Capa 3.

### QoS

Tener políticas de servicio de calidad es algo muy importante para los switches de la capa núcleo. QoS proporciona una solución basada en software para priorizar el tráfico, por lo que los switches de capa núcleo pueden suministrar una manera rentable de admitir uso óptimo y diferenciado del ancho de banda existente, evitando así la suma de ancho de banda en la capa núcleo, ya que el acceso a la WAN de alta velocidad es muy costoso.

### Redundancia de hardware adicional

Sería interesante obtener switches para la capa núcleo que, por ejemplo, permitieran fuentes de energía redundantes que se pudieran cambiar mientras el switch está funcionando.

También, se debería de adquirir switches que contaran con sistemas de refrigeración más sofisticados que los usados en los switches de la capa de acceso o en la capa de distribución. Algunos modelos de

switches de la capa núcleo permiten intercambiar ventiladores de refrigeración sin necesidad de apagar el switch.

Todo hardware que se puede intercambiar sin apagar el switch es conocido como hardware intercambiable en caliente.

## 2.2 Tecnologías de red

La red local creada en el edificio de oficinas ZAL hará uso del estándar **ETHERNET**, conocido también como el estándar IEEE 802.3.

**ETHERNET** ha sido la tecnología de red de mayor éxito, en gran medida, debido a la simplicidad de su implementación, comparándola con otras tecnologías. También debe su éxito a la flexibilidad que la caracteriza y que le ha permitido evolucionar para satisfacer las cambiantes necesidades y capacidades de los medios.

Este estándar dispone de una capa de control de acceso al medio y una capa física. Ambas serán estudiadas a continuación.

### 2.2.1 Control de Acceso al Medio en IEEE 802.3

La técnica CSMA/CD surge a partir de dos técnicas precursoras. Éstas son:

- Técnica de **acceso aleatorio**: no existe un tiempo preestablecido o predecible para que las estaciones transmitan.
- Técnica de **contención**: las estaciones compiten para conseguir el acceso al medio.

#### ALOHA

La primera técnica se conoció como ALOHA y se desarrolló para redes de paquetes de radio, aunque se puede aplicar a cualquier medio de transmisión. Ésta permite la transmisión de una trama siempre que sea necesario. El proceso sería el siguiente:

- 1 La estación envía una trama.
- 2 La estación pasa a escuchar el medio un tiempo igual al máximo retardo de propagación posible de ida y vuelta a través de la red más un posible incremento fijo de tiempo.
- 3 Si en el tiempo de escucha recibe la confirmación del receptor el envío ha sido correcto. Sino vuelve a retransmitir la trama.
- 4 Si después de varias retransmisiones no se recibe confirmación, la estación desiste de enviar más la trama.

La trama enviada se comprueba si es válida mirando el campo de comprobación. Para que sea válida debe de:

- ✓ Ser válida la trama.

- ✓ La dirección de destino en la cabecera de la trama coincide con la de la receptora.

Una trama puede ser incorrecta por la existencia de ruido en el canal o por la colisión con otra trama enviada por otra estación. En ambos casos, la estación receptora ignorará la trama.

Con ALOHA el número de colisiones en el medio aumenta cuando aumenta la carga, siendo la utilización máxima del canal del orden del 18

### **ALOHA ranurada**

Para mejorar la eficiencia se modificó ALOHA, desarrollándose ALOHA ranurado.

ALOHA ranurado consiste en considerar ranuras uniformes de duración igual al tiempo de transmisión de una trama. Se necesita alguna técnica para sincronizar todas las estaciones. Sólo se permite la transmisión en los instantes de tiempo que coincidan con el comienzo de una ranura. Se mejora el rendimiento de utilización del medio, consiguiéndose un 37 por ciento aproximadamente.

Ni ALOHA ni ALOHA ranurado hacen uso de la siguiente propiedad:

"El retardo de propagación entre las estaciones es generalmente muy pequeño en comparación con el tiempo de transmisión de las tramas"

Dos observaciones llevaron al desarrollo de CSMA:

- Tiempo de propagación más grande que tiempo de transmisión, entonces transmisión de una trama debe ocurrir mucho tiempo antes de que otras estaciones se den cuenta de esto.
- Tiempo de propagación más pequeño que tiempo de transmisión, entonces cuando una estación transmita una trama el resto de estaciones lo sabrán casi inmediatamente.

Con CSMA antes de transmitir se escucha el medio para ver si se está produciendo ya alguna transmisión. Si el medio está libre, entonces podrá comenzar a transmitir. Si el medio está ocupado, la estación deberá esperar. Para evitar colisiones las estaciones esperan un tiempo razonable después de transmitir, esperando la confirmación del receptor. Si no se produce la confirmación se determina que ha habido una colisión y se retransmite la trama.

CSMA es una estrategia efectiva y que permite conseguir una utilización máxima mucho mayor que la que se conseguía con las dos versiones de ALOHA. Decir que la utilización máxima depende de la longitud de la trama y del tiempo de propagación. A mayor longitud de trama o a menor tiempo de propagación mayor utilización.

Cuando se emplea CSMA, ¿qué ocurre con una estación en espera porque está ocupado el medio? Se emplean tres algoritmos para resolver esta situación:

### **CSMA no persistente**

Una estación lista para transmitir escucha el medio y aplica las siguientes reglas:

- 1 Si el medio está libre, transmite. Sino, se aplica 2.
- 2 Si el medio está ocupado, la estación espera un tiempo, que se obtiene con una distribución de probabilidad y se repite el paso 1.

Este algoritmo reduce la probabilidad de colisiones, pero también reduce la utilización del medio cuando éste está libre, desaprovechando la capacidad, ya que se debe esperar un tiempo determinado, aunque haya estaciones listas para transmitir.

### CSMA 1-persistente

Con esta técnica, primero se escucha el medio y luego se realizan los siguientes pasos:

- 1 Si el medio está libre, transmite; en otro caso, se aplica el paso 2.
- 2 si el medio está ocupado, continúa escuchando hasta que el canal se detecte como libre, momento en el que se transmite inmediatamente.

### CSMA p-persistente

Esta técnica representa un compromiso entre reducir el número de colisiones y reducir el tiempo de desocupación del canal. Se aplican las siguientes reglas:

- 1 Si el medio está libre, entonces se transmite con una probabilidad  $p$  y se espera una unidad de tiempo con una probabilidad  $(1-p)$ . La unidad de tiempo suele ser igual al retardo máximo de propagación.
- 2 Si el medio está ocupado, se continúa escuchando hasta que se detecte libre y se repite el paso 1.
- 3 Si la transmisión se ha retardado una unidad de tiempo, se repite el paso 1.

Se debe considerar cuál es un valor efectivo para  $p$ . El principal problema que hay que evitar es el de la inestabilidad en condiciones de carga elevada. Si es de esperar que las condiciones de cargas altas se den con cierta regularidad,  $p$  debe ser pequeño. Sin embargo, a medida que  $p$  se hace pequeño, las estaciones esperarán más tiempo hasta intentar transmitir de nuevo. Cuando la carga sea baja, esto producirá retardos muy elevados.

### CSMA/CD

La deficiencia de CSMA es que cuando dos tramas colisionan, el medio permanece inutilizable mientras dure la transmisión de ambas tramas dañadas. Una forma de solucionar este desaprovechamiento es permitir que las estaciones continúen escuchando el medio mientras dura la transmisión. Esto conduce a nuevas reglas, usadas para CSMA/CD:

- 1 Si el medio se encuentra libre, transmite; en otro caso, se aplica 2.
- 2 Si el medio se encuentra ocupado, continúa escuchando hasta que el canal se libere, en cuyo caso transmite inmediatamente.
- 3 Si se detecta una colisión durante la transmisión, se transmite una pequeña señal de interferencia para asegurarse de que todas las estaciones constaten la colisión. A continuación, se deja de transmitir.
- 4 Tras la emisión de la señal de interferencia, la estación espera una cantidad aleatoria de tiempo conocida como **espera**, intentando transmitir de nuevo a continuación.

Con CSMA/CD el tiempo de desaprovechamiento del medio se reduce al tiempo que se tarda en detectar una colisión. Este tiempo se puede considerar que no es mayor que dos veces el retardo de propagación extremo a extremo.

Los sistemas CSMA/CD, incluyendo las normalizaciones IEEE, aplican la regla que consiste en que la longitud de una trama debe ser lo suficientemente larga como para permitir la detección de la colisión antes de que finalice la transmisión. Si las tramas fueran cortas, se produciría el mismo caso que con el protocolo CSMA.

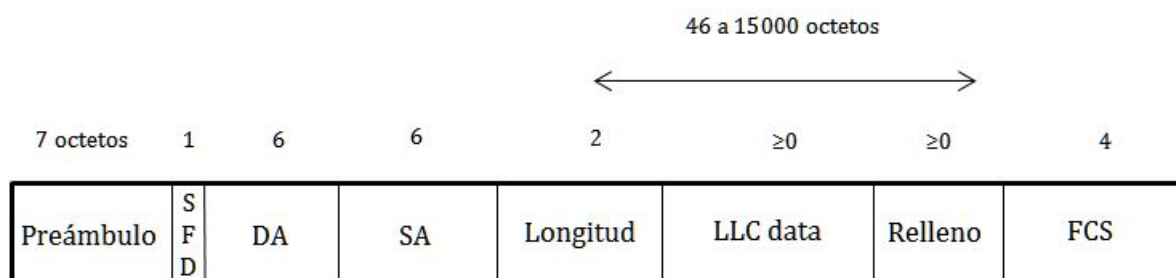
En las redes LAN CSMA/CD se emplea el algoritmo 1-persistente, ya que los otros dos presentan problemas de rendimiento. Con el 1-persistente, el tiempo desaprovechado debido a las colisiones es muy pequeño. Los motivos por los que se ha elegido el algoritmo 1-persistente son:

- Condición de baja carga: garantiza que una estación pueda usar canal en cuanto esté libre.
- Condiciones de alta carga: es, al menos, tan estable como las otras técnicas.

Para que se mantenga la estabilidad, las redes IEEE 802.3 y Ethernet emplean la técnica llamada *espera exponencial binaria*. Con esta técnica, una estación intentará transmitir cada vez que colisione. Se realizan 16 intentos de envío, si no se consigue enviar, la estación deja de intentarlo e informa de un error.

Con el estándar IEEE, se determina que se ha producido una colisión en buses en banda base si la señal presente en el cable en el punto de conexión es mayor que el máximo nivel que se podría producir si se tratara de una única transmisión.

En una topología en estrella con pares trenzados, la detección de colisiones se basa en magnitudes lógicas en lugar de usar niveles de tensión. Se determina que hay colisión si en cualquiera de los concentradores hay actividad en más de una entrada. Si es así, se genera una señal conocida como señal de presencia de colisión. Se envía a todos los nodos para informar de la producción de una colisión.



SFD = delimitación de comienzo de trama (Start of Frame Delimiter)

DA= dirección destino (Destination Address)

SA= Dirección origen (Source Address)

FCS= Secuencia de comprobación de trama (Frame Check Sequence)

Figura 2.9: Formato de la trama IEEE 802.3

### Trama MAC

La figura x muestra el formato de la trama MAC. El significado de cada uno de sus campos son los siguientes:



- **Preámbulo:** Establece la sincronización entre el emisor y el receptor.
- **Delimitador del comienzo de la trama:** indica el comienzo real de la trama y posibilita que el receptor pueda localizar el primer bit del resto de la trama. Comienza con la secuencia de bits: 10101011.
- **Dirección de destino:** especifica la estación o estaciones a las que va dirigida la trama. Puede ser una dirección física, de grupo o global.
- **Dirección de origen:** Especifica la estación que envió la trama.
- **Longitud/Tipo:** contiene la longitud del campo de datos LLC, o del campo Ethernet, en función de si se sigue la norma IEEE 802.3 o la especificación primitiva de Ethernet.
- **Datos LLC:** unidad de datos proporcionada por el LLC.
- **Relleno:** octetos añadidos para asegurar que la trama sea lo suficientemente larga como para que la técnica de detección de colisiones (CD) funcione correctamente.
- **Secuencia de Comprobación de Trama:** comprobación y redundancia cíclica de 32 bits, calculada teniendo en cuenta todos los campos excepto el preámbulo, el SFD y el FCS.

### 2.2.2 Tecnologías de Red existentes (Ethernet)

En este apartado pasaremos a ver las diferentes especificaciones que existen para ETHERNET.

Decir que el comité IEEE 802.3 ha sido el más activo en la definición de distintas configuraciones físicas alternativas. Esto tiene sus ventajas, pero también tiene sus inconvenientes. Como ventaja podemos decir que la normalización responde a la evolución tecnológica. Como aspecto negativo podemos decir que el consumidor, e inclusive el proveedor, se encuentran con una amplia variedad de opciones. El comité a trabajado para que las distintas opciones puedan integrarse fácilmente en una configuración que satisfaga gran número de necesidades.

#### Especificaciones IEEE 802.3 10 MBPS (ETHERNET)

Es un conjunto de especificaciones que permiten proporcionar una red LAN de bajo coste que funcione a 10 Mbps. Se consideran implementaciones ya antiguas. Los cuatro parámetros de temporización, el formato de trama, el proceso de transmisión y una regla básica de diseño. Las 10BASE5, 10BASE2 y 10BASE-T comparten los mismos parámetros de temporización.

Todas las alternativas de ETHERNET 10Mbps toman octetos recibidos de la subcapa MAC y realizan un proceso denominado codificación de la línea. Este proceso lo que hace es describir de qué manera los bits se transforman en señal en el cable. El tipo de codificación empleada en los sistemas de 10Mbps se denomina codificación Manchester.

Los límites de temporización se basan en parámetros tales como:

- La longitud del cable y su retardo de propagación.
- El retardo de los repetidores.
- El retardo de los transceptores.

- El acortamiento del intervalo entre tramas.
- Los retardos dentro de la estación.

Ethernet 10Mbps opera dentro de los límites de temporización ofrecidos por una serie de no más de cinco segmentos, separados por no más de cuatro repetidores. Esto se conoce como la regla de 5-4-3. No se puede conectar más de cuatro repetidores en serie entre dos estaciones y no puede haber más de tres segmentos entre dos estaciones.

El comité IEEE 802.3 ha desarrollado una notación concreta para poder distinguir las diferentes implementaciones disponibles. Esta notación tiene el siguiente significado:

<Velocidad de transmisión  
en Mbps><método de señal-  
ización> Longitud máxima  
del segmento en centenas de  
metros>

Las alternativas que se definen para pares trenzados y de fibra óptica son:

### **10BASE-T**

**10BASE-T:** Utiliza un par trenzado no apantallado (UTP) de categoría 3. Se conectaba a un dispositivo de conexión central que contenía el bus compartido. Este dispositivo era un **hub**. Este hub se encontraba en el centro de un conjunto de cables que partían hacia los PCs, produciéndose así una topología de estrella.

Es recomendable no enlazar los hubs, ayudando a evitar que se exceda el límite de retardo máximo entre las estaciones lejanas. Si es necesario hacer uso de múltiples hubs, es mejor organizarlos de manera jerárquica. Tener en cuenta que los hubs no dividen los segmentos de la red en distintos dominios de colisión.

Los hubs permiten que se propagen las colisiones. Como la velocidad de transmisión es alta pero la calidad baja la longitud de cada enlace se reduce a 100 metros.

Al principio, 10BASE-T era un protocolo half-duplex, aunque posteriormente se le agregaron características full-duplex.

### **10BASE-F**

Contiene tres especificaciones: una topología en estrella pasiva para la interconexión de estaciones y repetidores con segmentos de hasta 1 km de longitud, un enlace punto a punto que puede ser usado para conectar estaciones o repetidores separados hasta 2 km y un enlace punto a punto que puede usarse para conectar repetidores a una distancia máxima de 2 km.

Vease tabla 2.1.

## **Especificaciones IEEE 802.3 100 MBPS (Fast ETHERNET)**

Fast Ethernet es un conjunto de especificaciones desarrolladas por el comité IEEE 802.3, para proporcionar una red LAN de bajo coste compatible con Ethernet que funcione con 100 Mbps.

Tabla 2.1: Resumen especificación 10 MPBS (Ethernet)

	10BASE-T	10BASE-F
Medio de transmisión	Par trenzado no apantallado	Par de fibra óptica(850nm)
Técnica de señalización	Banda base (Manchester)	Manchester/on-off
Topología	Estrella	Estrella
Longitud máxima del segmento (m)	100 m	2km
Nodos por segmento	-	33
Diámetro del cable (mm)	0.4 a 0.5	62.5/125 $\mu\text{m}$

La designación genérica que tiene estos estándares es 100BASE-T. Existen varias alternativas para los diferentes medios de transmisión. Todas las opciones 100BASE-T usan el protocolo MAC y el formato de la trama IEEE 802.3. Las dos tecnologías que han adquirido mayor relevancia son **100BASE-TX**, que es un medio de cobre UTP, y **100BASE-FX**, que es un medio multimodo de fibra óptica. También, es considerable tener en cuenta **100BASE-T4**.

Tres características comunes para 100BASE-TX y 100BASE-FX son los parámetros de temporización, el formato de trama y algunas partes del proceso de transmisión. Tanto 100BASE-TX como 100BASE-FX comparten los parámetros de temporización.

El formato de trama de 100Mbps es el mismo que el formato de trama de 10Mbps. Véase la figura 2.9.

Fast Ethernet representa un aumento de 10 veces en la velocidad respecto de 10BASE-T. Debido al aumento de velocidad, las señales de frecuencia más altas son más susceptibles al ruido. Para solucionar esto, Fast Ethernet emplea dos pasos distintos de codificación. La primera parte de la codificación emplea una técnica denominada 4B/5B-NRZI. La segunda parte es la codificación real de la línea específica para el cobre o la fibra.

### 100BASE-X

identifica al conjunto de opciones que usan las especificaciones del medio físico definidas originalmente para FDDI. Dicho esquema se denomina 4B/5B-NRZI. Todos los esquemas 100BASE-X emplean dos enlaces físicos entre los nodos, uno para transmisión y otro para recepción, por lo que los 100 Mbps se consiguen en un único sentido. Dos variantes:

#### 100BASE-TX

Hace uso de dos pares trenzado apantallados (STP) o sin apantallar (UTP) de Categoría 5, uno para transmisión y otro para recepción. Se permite tanto STP como UTP de categoría 5, y se hace uso del esquema de señalización MLT-3.

100BASE-TX transporta 100Mbps de tráfico en modo half-duplex. En modo full-duplex, 100BASE-TX puede intercambiar 200Mbps de tráfico.

#### 100BASE-FX

Se introdujo para satisfacer la necesidad de generar una versión de fast ETHERNET sobre fibra óptica, que se pueda emplear para aplicaciones con backbones, conexiones entre distintos piso y edificios, así como para entornos de gran ruido.

Hace uso de dos fibras ópticas, una para transmitir y otra para recibir. Se necesita algún método para convertir la secuencia de grupos de código 4B/5B-NRZI en señales ópticas. Esta conversión se

denomina modulación en intensidad.

La transmisión a 200Mbps es posible debido a las rutas individuales de Transmisión (Tx) y Recepción (Rx) de fibra óptica de 100BASE-FX.

### 100BASE-T4

Se usa para ofrecer una velocidad de transmisión de datos de 100 Mbps a través de cable de tipo 3 de baja calidad, con la idea de reutilizar este tipo de cable en edificios de oficinas. Esta especificación permite el uso opcional de cable de tipo 5. Como 100BASE-T4 no transmite una señal continua entre paquetes, es útil para sistemas alimentados por baterías. Esta alternativa especifica que la secuencia de datos a transmitir se puede dividir en tres secuencias distintas, cada una transmitiendo a una velocidad de transmisión efectiva de 33.3 Mbps. Se usan cuatro pares trenzados.

Lo anterior resumido puede verse en la tabla 2.3.

Tabla 2.3: *Resumen especificación 100 MPBS (Ethernet)*

	100BASE-TX		100BASE-FX	100BASE-T4
Medio de transmisión	2 pares STP	2 pares UTP,Cat.5	2 fibras ópticas	4 pares UTP,Cat.3,4 o 5
Técnica de señalización	MLT-3	MLT-3	4B5B,NRZI	8B6T,NRZ
Velocidad de transmisión	100 Mbps	100 Mbps	100 Mbps	100 Mbps
Longitud máxima del segmento(m)	100m	100m	100m	100m
Cobertura de la red	200m	200m	400m	200m

### Funcionamiento full-dúplex

Una red Ethernet tradicional es semi-duplex: una estación puede transmitir una trama o recibirla, pero no ambas cosas al mismo tiempo. Como full-dúplex consiste en recibir y transmitir al mismo tiempo, una Ethernet a 100 Mbps alcanzaría, teóricamente, 200 Mbps.

Para poder incluir full-duplex, el nodo central en la topología de estrella debe ser un concentrador conmutado. De esta forma, cada estación constituye un dominio de colisión separado, por lo que las colisiones no se producen. Aun así, se sigue empleando la trama MAC y el algoritmo CSMA/CD.

### Configuraciones mixtas

Fast Ethernet soporta sin problemas una configuración que incluya diferentes redes LAN a 10 Mbps así como las nuevas a 100 Mbps. Un uso que se puede dar es usar la tecnología a 100 Mbps como una red LAN troncal que interconecte un número de concentradores de 10 Mbps. Los concentradores de 100 Mbps proporcionan una red troncal que puede ser conectada a una red WAN exterior a través de un encaminador.

### Arquitectura de Fast Ethernet

Los enlaces generalmente consisten en una conexión entre la estación y el hub o switch. Estos están sujetos a la limitación de 100 metros de distancia de los medios UTP.

### Gigabit Ethernet

El comité IEEE 802.3 ha especificado un conjunto de estándares a 1000 Mbps. Estos estándares representan la transmisión a través de medios ópticos y de cobre. El estándar para 1000BASE-X, IEEE

802.3z, especifica una conexión full duplex de 1 Gbps en fibra óptica. El estándar para 1000BASE-T, IEEE 802.3ab, especifica el uso de cable de cobre balanceado de Categoría 5, o mejor.

Las 1000BASE-TX, 1000BASE-SX y 1000BASE-LX utilizan los mismos parámetros de temporización. La trama de Gigabit Ethernet presenta el mismo formato que se utiliza en Ethernet de 10 y 100-Mbps. Según su implementación, Gigabit Ethernet puede hacer uso de distintos procesos para convertir las tramas a bits en el cable.

La estrategia que se sigue es la misma que para Fast Ethernet. Aunque se define un nuevo medio y una nueva especificación para la transmisión, se sigue adoptando el protocolo CSMA/CD como el formato de trama. Es compatible con 100BASE-T y 10BASE-T, lo que facilita la migración.

Las diferencias entre Ethernet estándar, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet se encuentran en la capa física. Debido a las mayores velocidades de estos estándares recientes, la menor duración de los tiempos de bit requiere una consideración especial. Como los bits ingresan al medio por menor tiempo y con mayor frecuencia, es fundamental la temporización. Esta transmisión a alta velocidad requiere de frecuencias cercanas a las limitaciones de ancho de banda para los medios de cobre. Esto hace que los bits sean más susceptibles al ruido en los medios de cobre.

Estos problemas requieren que Gigabit Ethernet utilice dos distintos pasos de codificación. La transmisión de datos se realiza de manera más eficiente utilizando códigos para representar el corriente binario de bits. Los datos codificados proporcionan sincronización, uso eficiente del ancho de banda y mejores características de la Relación entre Señal y Ruido.

En la capa física, los patrones de bits a partir de la capa MAC se convierten en símbolos. Los símbolos también pueden ser información de control tal como trama de inicio, trama de fin, condiciones de inactividad del medio. La trama se codifica en símbolos de control y símbolos de datos para aumentar la tasa de transferencia de la red.

Gigabit Ethernet (1000BASE-X) con base de fibra utiliza una codificación 8B/10B que es similar a la del concepto 4B/5B. Entonces le sigue la simple codificación de línea Sin Retorno a Cero (NRZ) de la luz en la fibra óptica. Este proceso de codificación más sencillo es posible debido a que el medio de la fibra puede transportar señales de mayor ancho de banda.

### Capa de Acceso al Medio

La especificación Gigabit utiliza el mismo formato para las tramas y protocolos que el CSMA/CD usado con las versiones IEEE 802.3 a 10 Mbps y 100 Mbps. Se han incluido dos mejoras al esquema CSMA/CD básico. Éstas son:

- ✓ **Extensión de la portadora:** Se añade una serie de símbolos al final de una trama MAC corta, de forma que el bloque resultante tenga una duración equivalente a 4096 bits. Se hace para que el tiempo de transmisión sea mayor que el tiempo de propagación a 1 Gbps.
- ✓ **Ráfagas de tramas:** esta funcionalidad permite que se transmitan varias tramas cortas de forma consecutiva, aun con el control del CSMA/CD. Las ráfagas evitan la redundancia y gasto que conlleva la técnica de la extensión de la portadora.

### Capa física

Se definen las siguientes alternativas a 1Gbps:

#### 1000BASE-T

Este estándar se desarrolló para proporcionar un ancho de banda adicional, para ayudar a aliviar los cuellos de botella generados corriente arriba en la red, es decir, en el tráfico en dirección a los equipos de la capa de acceso, de distribución o de núcleo.

Proporcionó un mayor desempeño a dispositivos tales como backbones dentro de los edificios, enlaces entre los switches, servidores centrales y otras aplicaciones de armarios para cableado así como conexiones para estaciones de trabajo de nivel superior.

Se emplean 4 pares no apantallados, consiguiéndose de esta forma una velocidad de transmisión de 250 Mbps por par y 1000Mbps en total.

Gigabit ETHERNET BASE-T se diseñó para que funcionara con cableado sin apantallar UTP de Categoría 5 o superior, como puede ser Categoría 6.

Para conectar dispositivos separados hasta 1000 metros. Emplea como esquema de codificación de señal 4D-PAM5 para categorías de cableado 5e o superior. Esto quiero decir que la transmisión y recepción de los datos se produce en ambas direcciones por el mismo hilo a la vez. Esto genera colisión permanente entre los pares de hilos. Se solventan con complejos circuitos integrados que usan técnicas tales como la cancelación de eco, la Corrección del Error de Envío Capa 1 (FEC) y una prudente selección de los niveles de voltaje, el sistema logra una tasa de transferencia de 1Gigabit.

Los datos que provienen de la estación transmisora se dividen cuidadosamente en cuatro corrientes paralelas; luego se codifican, se transmiten y se detectan en paralelo y finalmente se reensamblan en una sola corriente de bits recibida. 1000BASE-T admite tanto las operaciones en half-duplex como las en full-duplex. El uso de 1000BASE-T en full-duplex está ampliamente difundido.

### **1000BASE-SX**

Se usan longitudes de onda pequeñas, proporcionándose enlaces dúplex de 275 metros usando fibra óptica multimodo de 62,5  $\mu\text{m}$ , o hasta 550 metros usando fibra óptica multimodo de 50  $\mu\text{m}$ . Las longitudes de onda están en el intervalo comprendido entre 770 y 860 nm. Emplea como esquema de codificación de señal 8B/10B.

### **1000BASE-LX y 1000BASE-SX**

El estándar IEEE 802.3 recomienda Gigabit Ethernet en fibra como la tecnología de backbone de preferencia.

La temporización, el formato de trama y la transmisión son comunes a todas las versiones de 1000 Mbps. En la capa física, se definen dos esquemas de codificación de la señal. El esquema 8B/10B se utiliza para los medios de fibra óptica y de cobre blindado y la modulación de amplitud de pulso 5 (PAM5) se utiliza para los UTP.

1000BASE-X utiliza una codificación 8B/10B convertida en la codificación de línea sin retorno a cero (NRZ).

Las señales NRZ son entonces pulsadas hacia la fibra utilizando fuentes de luz de onda corta o de onda larga. La onda corta utiliza un láser de 850 nm o una fuente LED en fibra óptica multimodo (1000BASE-SX). Es la más económica de las opciones pero cubre distancias más cortas. La fuente láser de 1310 nm de onda larga utiliza fibra óptica monomodo o multimodo (1000BASE-LX). Las fuentes de láser utilizadas con fibra monomodo pueden cubrir distancias de hasta 5000 metros. Debido al tiempo necesario para encender y apagar por completo el LED o el láser cada vez, la luz se pulsa utilizando alta y baja energía. La baja energía representa un cero lógico y la alta energía, un uno lógico.

El método de Control de Acceso a los Medios considera el enlace como si fuera de punto a punto.

Como se utilizan distintas fibras para transmitir (Tx) y recibir (Rx) la conexión de por sí es de full duplex. Gigabit Ethernet permite un sólo repetidor entre dos estaciones. La Figura es un cuadro de comparación de medios de Ethernet 1000BASE.

Se emplean longitudes de ondas mayores. Proporciona enlaces dúplex de 550 metros con fibras ópticas multimodo de 62.5  $\mu\text{m}$  o 50  $\mu\text{m}$ , o de 5 km con fibras monomodo de 10  $\mu\text{m}$ . Las longitudes de onda están entre los 1.270 y los 1.355 nm. Emplea como esquema de codificación de señal 8B/10B.

### Ethernet de 10 Gbps

Se adaptó el IEEE 802.3ae para incluir la transmisión en full-duplex de 10 Gbps en cable de fibra óptica. Las similitudes básicas entre 802.3ae y 802.3, Ethernet original son notables. Esta Ethernet de 10-Gigabit (10GbE) está evolucionando no sólo para las LAN sino también para las MAN y las WAN.

Un primer uso para esta tecnología de red es para los administradores. Éstos pueden usar Ethernet de 10 Gbps para construir redes troncales locales de alta velocidad que proporcionarán interconexión a conmutadores de alta capacidad.

Con un formato de trama y otras especificaciones de Capa 2 de Ethernet compatibles con estándares anteriores, 10GbE puede proporcionar mayores necesidades de ancho de banda que son interoperables con la infraestructura de red existente.

También, Ethernet de 10 Gbps se podrá desplegar por toda la red, interconectando agrupaciones centralizadas de servidores, redes troncales y proporcionando cobertura para toda un área, ya que los estándares de la capa física de 10GbE permiten tanto una extensión de las distancias desde 300 metros hasta 40 km a través de una fibra óptica multimodo o monomodo respectivamente, como una compatibilidad con la red óptica síncrona (SONET) y con redes síncronas de jerarquía digital (SDH).

Con esta tecnología se pueden construir redes de área metropolitana (MAN) y de área amplia (WAN) que conecten redes LAN geográficamente dispersas entre distintos puntos de presencia cuando se emplea fibra óptica.

Ethernet a 10 Gbps aporta un valor añadido sustancial sobre el transporte ofrecido por ATM:

- No se requiere una conversión costosa y demandante de ancho de banda entre paquetes Ethernet y celdas ATM. La red es Ethernet extremo a extremo.
- La combinación de IP y Ethernet ofrece calidad de servicio y capacidades para establecer políticas de tráfico que se aproximan a las que brinda ATM.
- Ethernet de 10 Gigabits recoge un amplio abanico de interfaces ópticas estándares, optimizando tanto su funcionamiento como su coste para aplicaciones LAN, MAN o WAN, cuando se hace uso de fibra óptica.

Los enlaces funcionan exclusivamente en modo *full-duplex*, usando diversos medios físicos de fibra óptica.

Existen cuatro opciones para la capa física en Ethernet 10 Gbps:

- **10GBASE-SR (corta)**: transmisiones de 850 nm sobre fibras multimodo. Para cubrir distancias cortas en fibra multimodo ya instalada, admite un rango de 26 m a 82 m.

- **10GBASE-LR (larga)**: transmisiones de 1.310 nm sobre fibras monomodo. Puede alcanzar distancias de hasta 10 km
- **10GBASE-ER (extendida)**: transmisiones de 1.550 nm sobre fibras monomodo. Puede alcanzar distancias de hasta 40 km
- **10GBASE-LX4**: transmisiones de 1.310 nm sobre fibras monomodo o multimodo, alcanzándose distancias de hasta 10 km. Utiliza multiplexación por división de longitud de onda (WDM) para multiplexar el flujo de bits sobre cuatro ondas de luz. Admite a un rango de 240 m a 300 m en fibra multimodo ya instalada y de 10 km en fibra monomodo.

El grupo de trabajo IEEE 802.3 10GBASE-T comprobó la viabilidad de 10 Gigabit a través de cobre. Para ello, se amplía el ancho de banda del canal de transmisión hasta 500 MHz, dando lugar a la categoría 6 aumentada, o 6a. Con este ancho de banda se alcanzan distancias de hasta 100 metros. Sobre los canales de categoría 6 no se podrán superar los 55 metros de distancia.

No está incluida la categoría 5e e inferiores, debido a su escaso rendimiento para alcanzar las velocidades de transmisión necesarias.

El principal obstáculo técnico que existe para la transmisión de 10 Gigabit Ethernet a través de cobre es el control o la prevención del ALIEN CROSSTALK. Este parámetro describe los efectos eléctricos indeseados que ocurren entre dos enlaces que transcurren por la misma canalización o bien en la terminación de los mismos en el panel de conexiones.

Si comparamos la velocidad de transmisión 10GbE con otras variedades de ETHERNET podemos determinar que:

- El formato de trama es el mismo, permitiendo así la interoperabilidad entre todos los tipos de tecnologías antiguas, fast, gigabit y 10 Gigabit, sin retransmido o conversiones de protocolo.
- Como sólo se utilizan conexiones de fibra en full-duplex, el CSMA/CD no es necesario.
- Las subcapas de IEEE 802.3 dentro de las Capas OSI 1 y 2 se preservan en su mayoría, con pocos agregados para dar lugar a enlaces en fibra de 40 km e interoperabilidad con las tecnologías SONET/SDH.
- Entonces, es posible crear redes de Ethernet flexibles, eficientes, confiables, a un costo de punta a punta relativamente bajo.
- El TCP/IP puede correr en redes LAN, MAN y WAN con un método de Transporte de Capa 2.
- El tiempo de bit es ahora de 0,1 nanosegundos. Todas las demás variables de tiempo caen en su correspondiente lugar en la escala.

### 2.2.3 Estándar 802.3BA, nuevos horizontes

El comité IEEE 802.3 ha desarrollado el estándar IEEE 802.3ba de Ethernet. Con este nuevo estándar se proponen dos velocidades de transmisión de datos, a 40 Gbps y a 100Gbps, es decir, un rendimiento máximo teórico de hasta 5 Gb/s y 12.5 Gb/s respectivamente.

Veamos dos tablas introductorias:



Tabla 2.5: Resumen de 40GBASE y 100GBASE

PMD Type	40GBASE –SR4	100GBASE –SR10	Unit
Fiber type	Type A1a.2 <sup>a</sup> (50/125)		nm m Gbd
Number of fiber pairs	4	10	
Nominal wavelength	850		
Minimum range	0.5 to 100		
Signaling rate, each lane	10.31 25 ±100 ppm		

Tabla 2.6: Velocidad señal y rango de alcance del canal (40-100GB)

Description	40GBASE –LR4	100GBASE –LR4	100GBASE –ER4	Unit
Signaling speed per lane	10.3125 ± 100 ppm	25.78125 ± 100 ppm		Gbd
Lane wavelengths (range)	1264.5 to 1277.5	1284.53 to 1298.59		nm
	1284.5 to 1297.5	1299.02 to 1301.09		
	1304.5 to 1317.5	1303.54 to 1305.63		
	1334.5 to 1337.5	1308.09 to 1310.19		
Minimum range	2 m to 10 km	2 m to 10 km	2 m to 30 km	km
			2 m to 40 km <sup>a</sup>	km

### Ethernet de 40 Gigabit

Para alcanzar los 40 Gbps se emplea una transmisión de datos paralela, es decir, múltiples señales a menor velocidad viajando sobre varias fibras ópticas paralelas o cableado de cobre o bien sobre diferentes longitudes de onda. Esto ha sido posible gracias a los avances en las tecnologías de circuitos integrados SERDES y CMOS.

Las principales características de esta tecnología de red son:

- Soporta operaciones de transmisión de información full-duplex.
- Conserva el formato de trama del estándar 802.3, utilizando el formato MAC de dicho estándar.
- Soporta un ratio de error de bit mejor o igual a 10<sup>-12</sup> en los servicios de interfaz MAC/PLS.
- Proporciona un soporte apropiado para OTN.
- Soporte MAC de datos para la tasa de 40 Gbps.
- Proporcionar especificaciones de la capa física para transmisiones usando fibra óptica multimodo, optimizada para láser multimodo de fibra óptica OM3 y OM4.

Las alternativas son:

- **40GBASE-KR4**: se basa en el empleo de cuatro pares de cables a 10 Gbps de tipo PHY. La distancia máxima con cobre es de 10 metros.
- **40GBASE-CR4**: operación de 10 metros sobre cableado de cobre. 40 Gbps sobre cuatro líneas de pares trenzados, cada una transmitiendo a 10Gbps.
- **40GBASE-SR4**: operación de 100 metros sobre cuatro canales de fibra óptica multimodo OM3 de corto alcance a 2000 MHz/km, transmitiendo por cada canal 10 Gbps.

- **40GBASE-LR4**: operación de 10 km sobre fibra óptica monomodo. Emplea 4 canales con longitud de onda multiplexación por división (WDM) , de largo alcance.
- **40GBASE-FR**: es el estándar 802.3bg. Emplea fibra óptica de 1.550 nm. Tiene un alcance de 2 km. La longitud de onda es de 1.550 nm y 1.310 nm.

### Ethernet de 100 Gigabit

Esta versión de Ethernet permite la transmisión de información a 100Gbps. Para alcanzar los 100 Gbps se emplea una transmisión de datos paralela, es decir, múltiples señales a menor velocidad viajando sobre varias fibras ópticas paralelas o cableado de cobre o bien sobre diferentes longitudes de onda. Esto ha sido posible gracias a los avances en las tecnologías de circuitos integrados SERDES y CMOS.

Las principales características de esta tecnología de red son:

- Soporta operaciones de transmisión de información full-duplex.
- Conserva el formato de trama del estándar 802.3, utilizando el formato MAC de dicho estándar.
- Soporta un ratio de error de bit mejor o igual a  $10^{-12}$  en los servicios de interfaz MAC/PLS.
- Proporciona un soporte apropiado para OTN.
- Soporte MAC de datos para la tasa de 100 Gbps.
- Proporcionar especificaciones de la capa física para transmisiones usando fibra óptica multimodo, optimizada para láser multimodo de fibra óptica OM3 y OM4.

Las alternativas existentes, regidas por el estándar 802.3ba, son:

- **100GBASE-SR10**: operación de 100 metros sobre 10 canales de fibra multimodo OM3 de 2000 MHz/km, transmitiendo cada canal 10 Gbps.
- **100GBASE-LR4**: operación de 10 km sobre 4 canales longitud de onda multiplexación por división (WDM), de largo alcance, de fibra óptica monomodo.
- **100GBASE-ER4**: operación de 40 km sobre 4 canales longitud de onda multiplexación por división (WDM) de fibra óptica monomodo, de alcance extendido.
- **100GBASE-CR10**: operación de 10 metros sobre cable ensamblado con 20 segmentos de pares trenzados, 10 líneas de pares trenzados en cada dirección, cada una transmitiendo a 10 Gbps, para un rango agregado de 100Gbps.

Cabe comentar que se ha considerado como distancia límite 100 metros para la fibra óptica multimodo OM3 y no 300 metros, porque el transmisor y el receptor óptico que recibe varios canales para paralelos para SR4 y SR10 tienen una especificación diferente que la empleada para 10GBASE-SR.

### 2.2.4 Tendencias futuras para Ethernet

Después de 40Gb y 100Gb Ethernet existen dos tendencias acerca de la evolución de Ethernet. La primera tendencia es el desarrollo lógico de 400Gb Ethernet, que se podría conseguir gracias a la señalización de 25 Gb y el backplane de cobre de 100 Gb. La segunda tendencia trata sobre 1Tb Ethernet, usando señalización de 25Gb sobre 40 pares de fibra óptica.

La tendencia que más futuro tendría sería 400Gb Ethernet, ya que de momento no hay siquiera un grupo de estudio que esté analizando el futuro Terabit Ethernet, ni tampoco proyectos para conseguir señalización eléctrica de 50 Gb.

Aun no existe una tendencia clara acerca de qué tecnología se desarrollará en un futuro próximo, ya que aun las tecnologías 40 Gb y 100Gb Ethernet están en proceso de aceptación por parte de los usuarios. Sin duda, la evolución de Ethernet continuará.

## 2.3 Topologías de red

### 2.3.1 ¿Qué es la topología de red?

En el contexto de una red de comunicaciones, la topología de red es el patrón de diseño empleado para interconectar varios elementos (nodos). Es la estructura de interconexión de los equipos.

Las topologías de red pueden ser de dos tipos:

- Topología física.
- Topología lógica.

Ambos tipos de topologías lo veremos más adelante.

Por norma general, la topología física está relacionada con el núcleo de la red, mientras que la topología lógica se refiere a la red básica.

La topología de red también puede ser entendida como la forma o la arquitectura de una red. Esta arquitectura no tiene por qué corresponder con el diseño físico actual. Por ejemplo, si los ordenadores existentes en un hogar están ubicados en diferentes habitaciones, formando esta colocación un círculo, esto no quiere decir que esta distribución represente una topología en anillo.

La topología de red sólo determina la configuración de las conexiones entre nodos. La distancia entre los nodos, las interconexiones físicas, las tasas de transmisión y los tipos de señales no pertenecen a la topología de la red, aunque pueden verse afectados por la misma.

La red que se implantará en el edificio ZAL será una red **LAN** (Local Area Network). Esta red tiene ambos tipos de topologías, es decir topología física y topología lógica. Cualquier nodo en una red LAN tiene uno o más enlaces con uno o más nodos de una red. El grafo que se obtiene con esta conexión entre nodos y enlaces genera una forma geométrica que se puede utilizar para describir la topología lógica de una red.

### Topología física

La forma de la disposición del cableado utilizado para unir dispositivos es conocido como la topología física de una red. La topología física se refiere al diseño de los nodos, la localización de los nodos y la interconexión entre nodos y cableado, es decir, el sistema de cableado de la red.

La topología física de una red está determinada por la capacidad de los dispositivos de red de acceso y medios de comunicación. El nivel de control o la tolerancia a los fallos así como el coste asociado con los circuitos de cableado o de telecomunicaciones.

### Topología lógica

La topología lógica es el modo en el que se ven los datos que circulan por la red y, así como la forma en que las señales actúan sobre los medios de una red o la manera en que los datos pasan a través de la red desde un dispositivo a otro sin tener en cuenta la interconexión física de los dispositivos. La topología lógica de una red no tiene por qué ser necesariamente la misma que la topología física de una red.

Decir que la topología lógica de una red está estrechamente ligada con los métodos de control de acceso al medio y los protocolos de comunicación empleados para que exista una correcta comunicación y tráfico en una red, sin que haya conflictos entre estaciones o pérdidas de datos. También decir que un sistema de cableado estructurado permite la independencia de la topología lógica que se pretenda implementar, e incluso la coexistencia de varias topologías lógicas dentro de la misma red.

Veamos un ejemplo. La Ethernet original de par trenzado utilizando concentradores repetidores era una topología de bus lógico con un diseño de topología física en estrella.

Otro ejemplo, token ring es una topología de anillo lógico, pero tiene una topología física en estrella de la unidad de acceso a medios de comunicación.

### 2.3.2 Tipos de Topología de red para redes LAN

Básicamente, existen 6 topologías de red básicas. Éstas son:

- ✓ Topología en bus.
- ✓ Topología en árbol.
- ✓ Topología en anillo.
- ✓ Topología en malla.
- ✓ topología en estrella.

A continuación, pasaremos a ver cada una de ellas con detenimiento.

#### Topología en Bus

Esta es la topología más básica disponible para una red local. Se caracteriza por el uso de un medio multipunto. Cada nodo está conectado a un único cable. Todas las estaciones se encuentran directa-

mente conectadas, a través de interfaces físicas apropiadas.

Estas interfaces son conocidas como tomas de conexión (taps), a un medio de transmisión lineal o bus. Gracias a la transmisión full-duplex entre la estación y la toma de conexión permite la transmisión y la recepción de datos a través del bus. Una transmisión desde cualquier estación se propaga a través del medio en ambos sentidos y es recibida por el resto de estaciones. Decir que en cada extremo del bus existe un terminador que absorbe las señales, eliminándolas del bus.

Cuando se lleva a cabo el envío de datos desde una máquina, éstos viajan a través del cable común a todas las estaciones, en ambos sentidos, hasta que encuentra la estación conectada a la máquina destino, o bien encuentra un terminador. Cuando los datos pasan por cada una de las máquinas que están unidas a través de una estación al bus, se comprueba si la dirección de destino corresponde con la máquina en la que se encuentra en ese momento los datos. Si es así, se termina el tráfico de los datos por el bus. Si se llega a un terminador querrá decir que, o bien la dirección de la máquina destino no corresponde con ninguna de las máquinas que están conectadas al bus, o bien que la máquina se encuentra en el sentido contrario al que ha ido la transmisión de los datos.

Esta topología presenta dos problemas principales. El primero de ellos viene dado por el hecho de que la transmisión que se lleva a cabo a través de una estación puede ser recibida en las demás estaciones conectadas al bus. Por ello, debe existir algún método para indicar a quién va dirigida la transmisión. El segundo problema que existe es la necesidad de poder controlar la transmisión. ¿Por qué es necesario regular de algún modo el envío simultáneo? Pues porque si dos o más estaciones intentan transmitir simultáneamente, las señales procedentes de cada una de ellas se superpondrán y será erróneas. Otra situación que habría que controlar sería el hecho de que una misma estación quiera transmitir durante un largo período de tiempo.

Para dar solución a los problemas comentados en el párrafo anterior se ha pensado en la siguiente solución. Ésta consiste en que las estaciones transmitan datos en bloques pequeños, llamados tramas. Cada una de estas tramas incluye una porción de los datos que una estación desea transmitir además de una cabecera de trama que contiene información de control. Cada una de las estaciones que están conectadas al bus tienen asignadas un identificador único. Este identificador es incluido en la trama que se envía, para saber cuál es la estación destino que debe recibir dicha trama.

Gracias al empleo de tramas se resuelven ambos problemas. El segundo problema, el envío simultáneo, se resuelve haciendo uso de una transmisión por turnos de acuerdo con alguna forma cooperativa.

Las ventajas que proporcionan la topología en bus son las siguientes:

- ✓ **Sencillez** de instalación.
- ✓ **Ahorro** de cableado, ya que se puede tender el cableado troncal, bus en la topología, por el camino más eficiente.
- ✓ No es necesario llevar a cabo acciones especiales para eliminar tramas del medio, cuando una señal alcanza el final de éste, es absorbida por el terminador.

Las desventajas que presenta esta topología son las siguientes:

Una desventaja que tiene esta topología es que es necesario hacer uso de métodos para controlar el acceso al medio, así como métodos para identificar a qué estación van dirigidos los datos que navegan por el bus.

En la figura 2.10 podemos ver un ejemplo de un conjunto de máquinas comunicadas a través de una topología en bus.

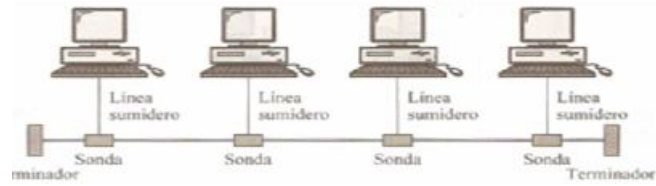


Figura 2.10: Ejemplo topología en Bus

### Topología en árbol

Esta topología se caracteriza por la existencia de un nodo raíz (headend), en el nivel más alto de la jerarquía, conectado a uno o más nodos pertenecientes a un nivel por debajo del nodo raíz, para los que existe una conexión punto a punto entre éstos y el nodo raíz. Los nodos de este segundo nivel están, a su vez, conectados a los nodos ubicados en un tercer nivel a través de una conexión punto a punto.

Decir que por cada uno de estos niveles también existe un nodo central, normalmente un switch o un hub.

Para esta topología el medio de transmisión es un cable ramificado sin bucles cerrados que comienza en el nodo raíz. Cada uno de los cables que comienzan en el nodo raíz puede presentar ramificaciones. Estas ramificaciones pueden disponer de ramas adicionales.

La topología en árbol puede verse como una combinación de varias topologías en estrella. Tanto la topología en árbol como la topología en estrella son similares a la topología en bus cuando el nodo de interconexión trabaja en modo difusión, pues la información se propaga hacia todas las estaciones. Es por ello que para este tipo de topología ocurre lo mismo que en la topología en bus, la transmisión que se lleve a cabo en una estación se propagará a través del medio y puede alcanzar al resto de estaciones.

Esta topología presenta los mismos problemas que la topología en bus. Éstos eran determinar a qué estación va dirigida una transmisión y controlar el acceso al medio de las diferentes estaciones que están interconectadas haciendo uso de la topología en árbol.

Las soluciones dadas para estos problemas, como para el caso de la topología en bus, son fragmentar las transmisiones en tramas, en las que se incluye una cabecera con diversa información, entre ella la estación destino. La solución dada al segundo problema era llevar a cabo una transmisión por turnos y de manera cooperativa.

En cuanto a las tramas que no encuentran su destino no es necesario preocuparse, porque al final de cada uno de los medios existentes existe un terminador que elimina la trama.

Las ventajas que proporcionan esta topología de red son las siguientes:

- **Cableado punto a punto:** con esta topología de red existen cableado punto a punto para segmentos individuales.
- **Soportado** por multitud de vendedores de software y de hardware.

Las desventajas son las siguientes:

- Se necesita mucho cable para implantar esta topología.

- **Medida de cada segmento:** la medida de cada segmento viene determinada por el tipo de cable utilizado.
- **Pérdida de segmento principal:** si se viene a bajo el segmento principal todo el segmento se viene abajo con él.
- **Configuración difícil.**

La figura 2.11 representa una red haciendo uso de topología en red.

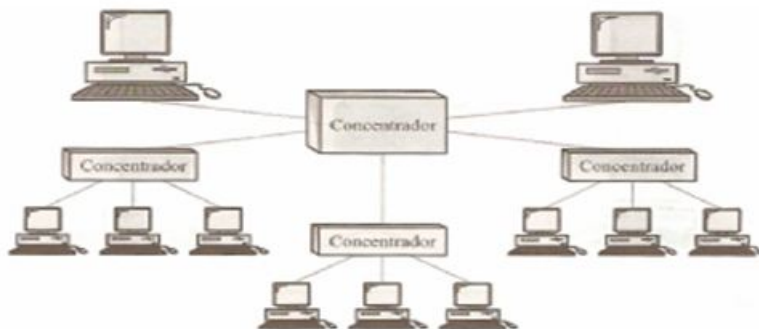


Figura 2.11: Ejemplo topología en Árbol

### Topología en anillo

En la topología en anillo, la red consta de un conjunto de repetidores unidos por enlaces punto a punto formando un bucle cerrado. Esta conexión punto a punto es solamente con los dispositivos que están a sus lados.

El repetidor es un dispositivo relativamente simple, capaz de recibir datos a través del enlace y de transmitirlos, bit a bit, a través de otro enlace tan rápido como son recibidos. Como los enlaces son unidireccionales, los datos se transmiten sólo en un sentido, de modo que éstos circulan alrededor del anillo en el sentido de las agujas del reloj en el contrario.

Cada una de las estaciones se conecta a la red a través de un repetidor, transmitiendo los datos hacia la red a través de éstos. Los datos son transmitidos en tramas. La trama circula por el anillo y pasa por las demás estaciones. Cuando pasa por la estación destino, ésta reconoce su dirección y copia la trama, mientras la atraviesa, en una memoria temporal local. La trama seguirá viajando hasta que llega a la estación de origen, donde será eliminada.

Para esta topología también es necesario una técnica de control de acceso al medio para controlar cuándo puede insertar tramas cada estación, ya que el anillo es compartido por varias estaciones.

Esta topología presenta diversas ventajas. Éstas son:

- **Fácil de instalar y reconfigurar:** cada dispositivo está enlazado solamente a sus vecinos inmediatos, físicos o lógicos. Para añadir o quitar dispositivos, solamente hay que mover dos conexiones.
- **Aislamiento de los fallos:** los fallos que se produzcan en la red que haga uso de esta topología se pueden aislar de forma sencilla.

- Sin pérdida de rendimiento: cuando muchos usuarios están utilizando la red, no decae el rendimiento de ésta.

Las desventajas presentes para esta topología son las siguientes:

- Pérdida de una conexión implica caída de la red completa.
- **Longitud máxima** del anillo y número de dispositivos.
- **Distorsiones**: las distorsiones afectan a toda la red.

Por último, indicar que en un anillo hay una señal en circulación continuamente.

Veamos en la figura 2.12 un ejemplo de topología en anillo.

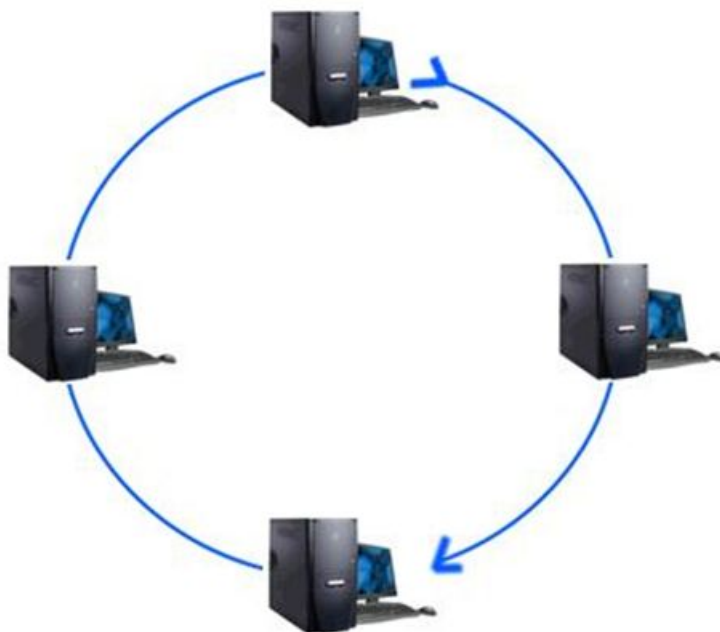


Figura 2.12: *Ejemplo topología en Anillo*

### Topología en estrella

Para las redes LAN que hagan uso de esta tecnología existirá un nodo central común, al que se conecta cada una de las estaciones que pertenezcan a la red LAN. La conexión se suele llevar a cabo a través de enlaces punto a punto, no existiendo conexión directa entre las diferentes estaciones que forman la red. Por ello, todo el tráfico de la red ha de pasar por el nodo central y este se encarga de redirigir los datos a la estación final.

Para el funcionamiento del nodo central existen dos alternativas. Éstas son las siguientes:

- Funcionamiento en modo difusión: la transmisión de una trama por parte de una estación se retransmite sobre todos los enlaces de salida del nodo central. Para esta opción, aunque la disposición física es la de una estrella, en realidad funciona como un bus, debido a que una



transmisión desde cualquier estación es recibida por el resto de estaciones, además sólo puede transmitir una estación en un instante de tiempo dado. Para esta opción, al dispositivo central se le conoce como concentrador (hub).

- Funcionamiento como dispositivo de conmutación de tramas: Esta opción consiste en que una trama entrante se almacena temporalmente en el nodo y se retransmite sobre un enlace de salida hacia la estación de destino.

Las ventajas que presenta esta topología son las siguientes:

- Se considera la topología más eficiente para diseñar e implementar de entre las topologías existentes.
- Simplicidad a la hora de añadir estaciones adicionales a la red.

Las desventajas de esta topología son:

- **Fallo** nodo central falla: si el nodo central cuando se hace uso de esta topología falla, toda la red deja de transmitir.
- **Costosa**: es una topología que tiene unos costes elevados, ya que requiere más cableado que las topologías en bus o anillos.
- Cableado **separado**: el cable viaja por separado del concentrador a cada computadora.

Como desventaja principal de esta topología es que, al existir un único nodo central, en caso de fallo en dicho nodo provocaría una caída de la red completa.

En la figura 2.13 podemos ver un ejemplo de topología en estrella.

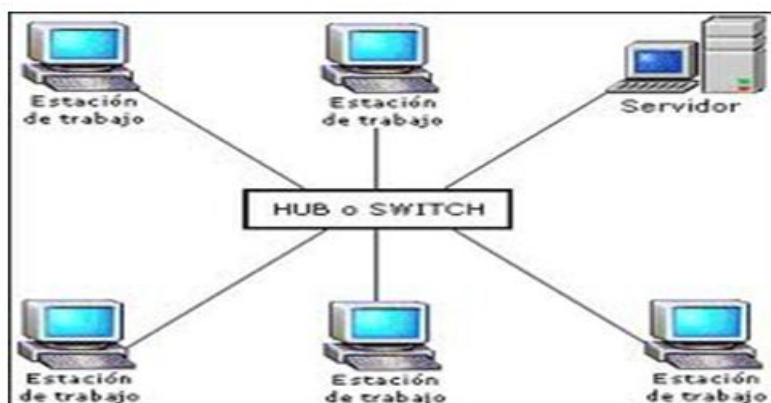


Figura 2.13: Ejemplo topología en Estrella

### Topología en malla

Para esta topología de red cada dispositivo tiene un enlace punto a punto y dedicado con cualquier otro estación. ¿Qué quiere decirse con dedicado? El término dedicado viene a decir que el enlace conduce

el tráfico únicamente entre las dos estaciones que conecta, por lo que, dados dos estaciones conectados entre sí, las transmisiones que se lleven a cabo entre ellos serán transparentes al resto de estaciones existentes en la red. Esto permite solucionar el problema de a quién va destinado una transmisión, ya que por cada enlace punto a punto sólo puede haber dos estaciones, una en cada extremo.

Para esta topología se pueden dar dos casos. Éstos son:

- **Red completamente conectada:** Este es el caso que se da cuando, en un red que emplee la topología en malla, exista una conexión punto a punto entre cualquier par de estaciones pertenecientes a dicha red. En este caso, serán necesarios un total de  $(n(n-1))/2$  canales físicos para enlazar  $n$  estaciones. Para acomodar tantos enlaces, cada dispositivo ha de la red ha de tener sus propios puertos de entrada/salida (E/S).
- **Red parcialmente conectada:** Este caso se corresponde con aquellas redes en las que no existe una conexión directa entre cualquier para de estaciones que pertenecen a la red. Algunas estaciones están conectadas a más de una estación de las existentes en la red con una conexión punto a punto, pero no a todas.

Las ventajas que proporcionan esta topología de red son las siguientes:

- **Enlaces dedicados:** esto garantiza que cada conexión sólo debe transportar la carga de datos de los dispositivos conectados. De esta forma eliminamos el problema que surge cuando los enlaces son compartidos por varios dispositivos.
- **Topología robusta:** esto quiere decir que con esta topología se puede garantizar una continuidad de servicios. Existen caminos redundantes y si un enlace falla no se inhabilita todo el sistema.
- **Privacidad y seguridad:** las transmisiones que se lleven a cabo sólo serán recibidas por el receptor adecuado. Las fronteras físicas evitan que otros usuarios puedan tener acceso a las transmisiones que se realicen.
- **Redundancia de caminos:** al haber más de un camino posible para conectar dos estaciones, es posible transmitir por el camino que más nos convenga, es decir, es posible transmitir de un nodo a otro por diferentes caminos.

Como desventajas para esta topología tenemos las siguientes:

- **Incremento de coste:** cuando se lleva a cabo una implementación inalámbrica de esta topología de red, las características de la misma implican el uso de más recursos.
- **Disponibilidad de ancho de banda:** Cuando la densidad de población es mayor de 5000 habitantes por kilómetro cuadrado, la disponibilidad del ancho de banda puede verse afectada por la cantidad de usuarios que hacen uso de la red simultáneamente.

En la figura 2.14 podemos ver un ejemplo de esta topología.

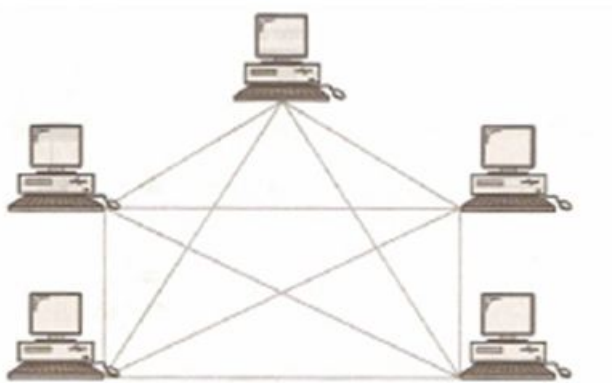


Figura 2.14: *Ejemplo topología en Malla*

## 2.4 Sistema de cableado genérico

### 2.4.1 Sistema de cableado genérico para edificio de oficinas

#### Generalidades

En este capítulo se identifica los elementos funcionales del cableado genérico, sin tener en cuenta el tipo de edificio en el que el cableado está o estará instalado. También se describe como se conectan entre sí estos elementos para formar subsistemas de cableado troncal e identifica las interfaces en las que se conectan los componentes específicos a las aplicaciones mediante el cableado genérico. Los canales son empleados para soportar las aplicaciones a las que está destinada el cableado. Estos se crean a través de conexión al cableado genérico de componentes específicos a una aplicación.

#### Elementos funcionales troncales

Según la norma EN 50173-1 y EN 50173-2, los elementos funcionales para un sistema de cableado genérico, formado por el cableado vertical y cableado horizontal, son los siguientes:

- ✓ Repartidor de Campus (RC).
- ✓ Cable de troncal de campus.
- ✓ Repartidor de edificio (RE).
- ✓ Cable de troncal de edificio.
- ✓ Repartidor de planta.
- ✓ Cable horizontal.
- ✓ Punto de consolidación (CP).
- ✓ Cable de punto de consolidación (cable CP).
- ✓ Conjunto TO multiusuario (conjunto MUTO).
- ✓ Toma de telecomunicaciones (TO).

Una representación gráfica de lo que sería un sistema de cableado genérico para edificios de oficinas podemos verlo en la figura 2.15.

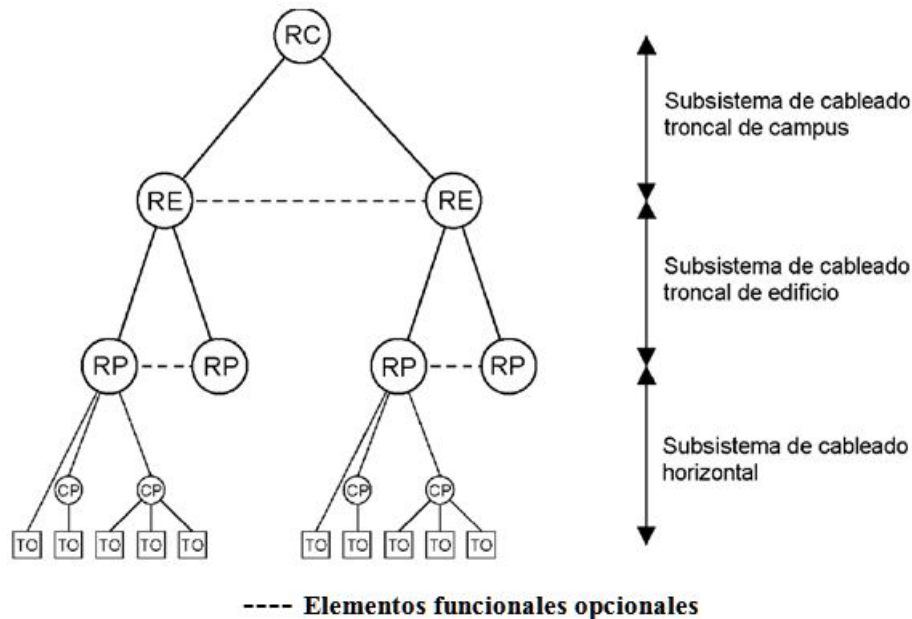


Figura 2.15: Estructura jerárquica de cableado

Un ejemplo de sistema de cableado genérico en el que se puede ver alguno de los elementos funcionales anteriores es la figura 2.16.

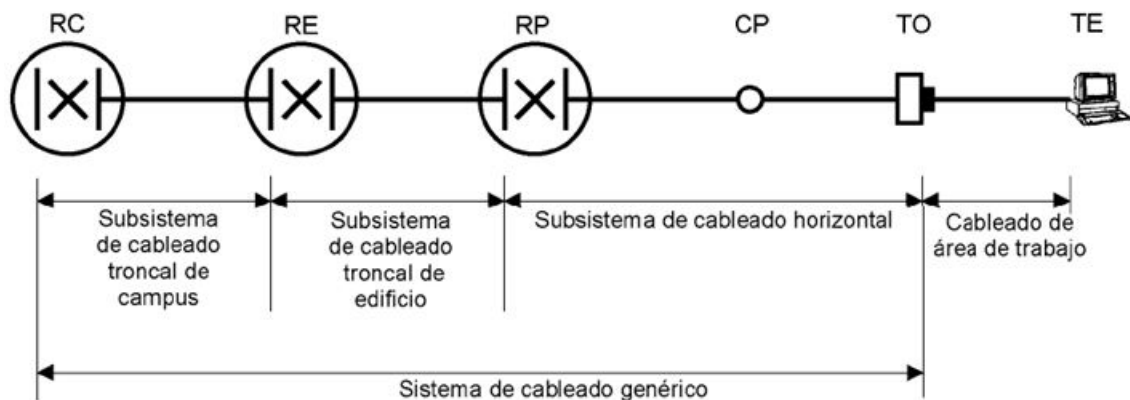


Figura 2.16: Estructura de cableado genérico

### Repartidor de Campus (RC)

Es el repartidor desde el que surge el cableado troncal de campus. De este repartidor saldrá un cable troncal de campus. Este cable conectará el repartidor de campus con el o los repartidores de edificios.

### Repartidor de Edificio (RE)

Repartidor en el que termina(n) el(los) cable(s) de troncal de edificio y en el que se pueden realizar las conexiones con el(los) cable(s) de troncal de campus. El repartidor de edificio se interconecta con cada uno de los repartidores de planta que existan en un edificio.

### Repartidor de Planta (RP)

Repartidor empleado para realizar las conexiones entre el subsistema de cableado vertical, subsistemas de cableado especificados en otras normas en la serie de Normas EN 50173 y los equipos activos.

Del repartidor de planta surge el cableado horizontal, que se encarga de conectar el repartidor de planta con la toma de telecomunicaciones.

### **Puntos de Consolidación (CP)**

Un punto de consolidación es punto de conexión en el subsistema de cableado horizontal entre un repartidor de planta y una toma de telecomunicaciones. Es un componente opcional.

El concepto de punto de consolidación se aplica tanto a cableado balanceado como de fibra óptica.

Algunas especificaciones son:

- ✓ Si se utiliza, cada área de trabajo estará atendida por, al menos, un punto de consolidación.
- ✓ Cada punto de consolidación da servicio a un máximo de 12 áreas de trabajo.
- ✓ Los puntos de consolidación se situarán en ubicaciones estables como falsos suelos y/o techos.
- ✓ Un punto de consolidación deberá ser parte del sistema de administración.

### **Toma de telecomunicaciones Multiusuario (MUTO)**

La utilidad de la MUTO está orientada a un entorno de oficina diáfana en el que la flexibilidad de las áreas de trabajo es una necesidad importante y se quiere minimizar el impacto que el empleo de latiguillos de usuario mayores de 5 metros pueda suponer en las prestaciones de canal.

Consideraciones referentes a las MUTO son las siguientes:

- ✓ Las tomas multiusuario constarán como máximo de 12 áreas trabajo individuales.
- ✓ Las tomas se ubicarán en lugares estables y accesibles, como columnas o paredes sólidas, evitando su instalación en zonas de acceso no inmediato, como falsos suelos o techos.
- ✓ Debe tenerse en cuenta las atenuaciones de latiguillos y otros cables flexibles a la hora de cumplir los requerimientos de canal.
- ✓ Se intentará reducir la longitud de cable flexible para minimizar la presencia de cables dentro de las áreas de trabajo.

### **Tomas de telecomunicaciones (TO)**

Las tomas de telecomunicaciones son conocidas coloquialmente como rosetas.

A la hora de diseñar el cableado genérico se deberían prever las tomas de telecomunicaciones a instalar por todo el espacio útil de las plantas.

Una elevada densidad de tomas de telecomunicaciones mejorará la capacidad del cableado para realizar cambios. Las tomas pueden instalarse individuales o en grupos, por ejemplo, en rosetas de dos tomas de telecomunicaciones.

Cada área de trabajo debe contar, como mínimo, con dos tomas de telecomunicaciones. La primera debería ser un par de cables balanceados de cuatro pares terminado en un conector en buen estado. La

segunda toma puede ser para dos fibras ópticas o para un cable balanceado de cuatro pares terminado en un conector adecuado.

Las tomas de telecomunicaciones deben de estar visibles e identificadas para el usuario. Adaptadores de impedancias o dispositivos como baluns deben ser externos a las tomas de telecomunicaciones.

### Estructura general y jerarquía de los subsistemas de cableado troncal

En este apartado pasaré a desollar más en profundidad cada uno de los subsistemas que conforman un sistema de cableado genérico.

Un sistema de cableado estructurado puede contener hasta tres subsistemas de cableado. Dependerá de la naturaleza y de la longitud de este.

Los subsistemas de cableado son los siguientes:

- Subsistema de campus, troncal de campus, "backbone" de campus.
- Subsistema de cableado vertical, troncal de edificio, o "*backbone*" de edificio.
- Subsistema de cableado horizontal.

Los elementos funcionales de los subsistemas se conectan conjuntamente, constituyendo un sistema de cableado genérico y formando una jerarquía jerárquica básica, aunque esta jerarquía puede variar.

Podemos ver en las figuras 2.15 y 2.16, la representación de lo comentado a modo de ilustración.

El número y tipos de subsistemas puede variar, en función de la distribución geográfica y el tamaño del campus o del edificio, así como la estrategia que el usuario quiera usar. Por norma general, existe un repartidor de campus por campus, un repartidor de edificio por edificio y un repartidor de planta por planta. Pero pueden darse variaciones, por ejemplo, si el sistema de cableado se diseña para un solo edificio de dimensiones pequeñas no será necesario hacer uso de un subsistema troncal de campus. Por otro lado, para edificios mayores pueden recibir servicio de múltiples repartidores de edificio interconectados mediante un repartidor de campus.

Los repartidores deberían de estar ubicados de tal manera que las longitudes de cable resultantes sean consistentes con las prestaciones del canal.

Las conexiones entre subsistemas de cableado pueden ser de dos tipos:

- Conexiones activas: necesitan equipamiento específico de una aplicación. Adopta un enfoque de interconexión o de conexiones cruzadas.
- Conexiones pasivas: Este tipo de conexiones entre subsistemas de cableado adoptan un enfoque de conexiones cruzadas, mediante latiguillos de parcheo o puentes, o un enfoque de interconexión. El cableado es un elemento pasivo.

A continuación, mostraré un ejemplo de estructura de cableado centralizado. Este tipo de estructura combina canales horizontales y troncales o verticales. Los canales se proveen mediante conexiones pasivas en los repartidores. Las conexiones se realizan empleando conexiones cruzadas o interconexiones. Para fibra óptica, se puede crear conexiones en los repartidores creando empalmes. Esto reduce la capacidad de reconfiguración del cableado. Vease 2.15.

## Subsistemas de cableado

### Subsistemas de cableado troncal de campus

Este subsistema se extiende desde el repartidor de campus al (a los) repartidor(es) de edificio ubicados habitualmente en los diferentes edificios. Si el subsistema está presente, el subsistema incluye:

- ✓ Los cables de troncal de campus.
- ✓ La terminación mecánica de los cables de troncal de campus en los repartidores de campus y de edificio junto con los latiguillos de parcheo y/o puentes asociados en el RC. Es normalmente conocido como paneles de conectores o de parcheo (path pannel).

Los latiguillos de equipo se usan para conectar los equipos de transmisión al subsistema de cableado. No están considerados parte del subsistema porque son específicos a la aplicación.

Este cableado puede proporcionar conexión directa entre repartidores de edificio. Si existe este tipo de conexión, el cableado ha de ser adicional al necesario para la topología jerárquica básica.

### Subsistema de cableado troncal de edificio

Este subsistema se extiende desde el repartidor de edificio hasta el repartidor de planta. Cabe decir que puede haber más de un repartidor de edificio dentro de un mismo edificio.

Cuando este subsistema está presente, incluye los siguientes elementos:

- ✓ Cables troncales de edificio.
- ✓ Terminación mecánica de los cables de troncal del edificio, tanto en el repartidor de edificio como en los repartidores de planta, junto con los latiguillos de parcheo y/o los puentes asociados al repartidor de planta.

Los latiguillos de equipo, al igual que ocurría en el subsistema troncal de campus, no se incluye dentro del subsistema de cableado.

Este subsistema puede proporcionar conexión directa entre repartidores de planta. Si se da este caso, debe de asegurarse una ruta de seguridad o backup, de manera adicional a la necesaria para la topología jerárquica básica.

### Subsistema de cableado horizontal

En este caso, el sistema de cableado genérico está pensado para una oficina general, este subsistema se extiende desde el repartidor de planta hasta las tomas de telecomunicaciones ubicadas en cada uno de los puestos de trabajo, ubicadas en las oficinas.

Este subsistema incluye los siguientes elementos:

- ✓ Cables horizontales.
- ✓ Terminación mecánica de los cables horizontales en la toma de telecomunicaciones y en el repartidor de planta junto con los latiguillos de parcheo asociados y/o los puentes en el repartidor de planta.

- ✓ Punto de consolidación. Este elemento es opcional.
- ✓ Cables de punto de consolidación.
- ✓ Tomas de telecomunicaciones.

Los latiguillos de área de trabajo usados para conectar los equipos terminales y de transmisión no se consideran parte del subsistema de cableado horizontal.

El cableado horizontal debe ser continuo desde el repartidor de planta hasta la toma de telecomunicación, a no ser que se instale puntos de consolidación intermedios.

### Objetivos de diseño

En este apartado se expondrán de manera conjunta los objetivos de diseño para el cableado troncal y para el cableado horizontal. Por orden jerárquico, comenzaré por el cableado troncal.

Para el cableado troncal de campus, el cableado elegido puede precisar un enfoque a más largo plazo que el adoptado para los otros subsistemas, sobre todo si el acceso a las vías de cableado está más restringido.

Para el cableado troncal de edificio, no es fiable instalar cableado troncal para el tiempo de vida completo del sistema de cableado genérico. En lugar de eso, podría considerarse instalar un cableado basado en los requisitos de las aplicaciones actuales o previsibles.

Para el cableado horizontal, el cableado debería diseñarse para que pudiese soportar el mayor conjunto de las aplicaciones existentes y emergentes en las condiciones ambientales adecuadas. De esta forma, se proporciona una mayor vida operativa al cableado horizontal y se elimina el trastorno y el alto coste económico que supone recablear el área de trabajo.

### Emplazamiento de los elementos funcionales

Los requisitos necesarios para ubicar los repartidores se especifican en la norma EN 50174-1.

Los repartidores de campus, de edificio y de planta se encuentran ubicados normalmente en los cuartos de equipos o en los cuartos de telecomunicaciones.

Podemos ver, a través de la figura 2.17, un ejemplo de cuarto de equipos.



Figura 2.17: *Cuarto de equipos*



Como podemos ver en la figura 2.18, los repartidores se encuentran en una sala con unas características concretas. Ha de estar bien ventilada, puede tener un falso suelo, por donde iría el cableado correspondiente a cada armario o rack. El interior de cada uno de estos racks podría ser algo parecido a lo siguiente:



Figura 2.18: *Interior de rack*

El cuarto de equipos debe proporcionar todas las instalaciones necesarias (espacio, potencia, control ambiental, etc.) para componentes pasivos, dispositivos activos e interfaces de red externa alojados en su interior. Cada cuarto de telecomunicaciones debería tener acceso directo al cableado troncal.

Para el cableado horizontal, las tomas de telecomunicaciones se localizan en el área de trabajo, en función del diseño del edificio.

En la figura 2.19 podemos ver cómo emplazar los elementos funcionales en un edificio.

Como podemos observar, en el cuarto de telecomunicaciones donde se encuentra el repartidor de edificio se ubicaría, si existiese, el cableado que iría al Repartidor de Campus, así como la acometida de acceso al edificio para cableado externo a éste.

## Interfaces de equipo e interfaces de prueba

### Interfaces de equipos e interfaces de prueba. Cableado troncal

Un ejemplo de interfaz de prueba (IP) podemos verlo figura 2.20.

Las interfaces de equipos (IE) se localizan en los extremos de cada subsistema de cableado troncal.

Cualquier repartidor de cualquiera de los tres subsistemas puede tener una interfaz de equipo con un servicio externo en cualquier puerto, y puede usar interconexiones o conexiones cruzadas.

Las interfaces de prueba del cableado genérico se ubican en los extremos de cada subsistema de cableado troncal.

Un ejemplo en el que podemos observar el modelo de interconexión y el modelo de conexiones cruzadas se puede ver en la figura 2.21.

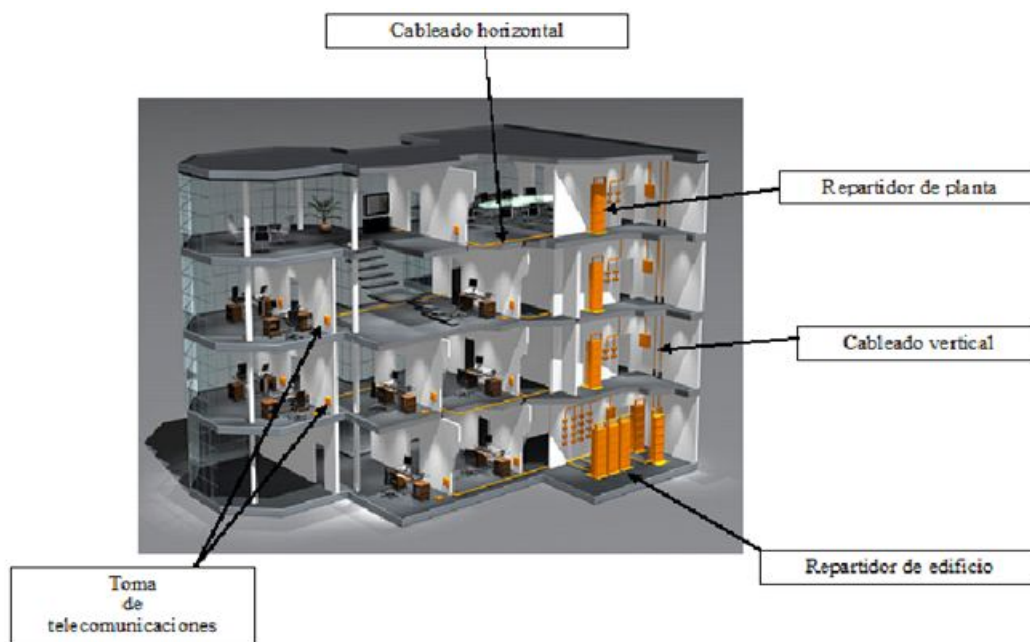


Figura 2.19: Ubicación elementos de red en edificio oficinas



Figura 2.20: Interfaz de prueba

Un ejemplo en el que podamos observar interfaz de prueba e interfaz de equipo en un cableado troncal es la figura 2.22.

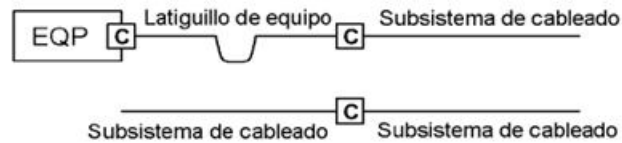
### Interfaces de equipos e interfaces de prueba para cableado horizontal

A parte de las interfaces de equipo especificadas para el cableado troncal, las interfaces de equipo potenciales se localizan en los extremos del subsistema de cableado horizontal. Los puntos de consolidación no proporcionan una interfaz de equipo al sistema de cableado genérico.

Lo mismo ocurre con las interfaces de prueba, a parte de las interfaces de prueba para el cableado troncal, existe las interfaces de prueba potenciales, que se localizan en los extremos del subsistema de cableado horizontal.

En la figura 2.23 se puede apreciar las interfaces de equipo y las interfaces de prueba correspondientes al cableado horizontal.

a) Modelo de interconexión



b) Modelo de conexión cruzada

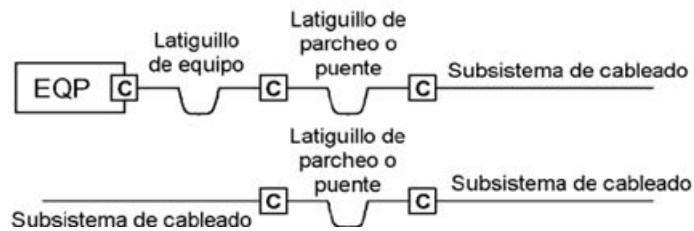


Figura 2.21: Modelo de interconexión y conexión cruzada



Figura 2.22: Interfaces de prueba y equipo para cableado troncal



Figura 2.23: Interfaces de prueba y equipo para cableado horizontal

## Dimensionando y configurando

### Dimensionado y configuración para cableado troncal

#### Interfaz de red externa

Se emplean para llevar a cabo las conexiones a redes externas para provisión de servicios. Se hace uso de legislaciones nacionales, regionales y locales para regular las interfaces de redes externas. Si la

interfaz de red externa no se conecta directamente a una interfaz de cableado genérica, debería tenerse en cuenta las prestaciones del cableado de acceso a la red y deberían considerarse como parte del diseño inicial y de la implementación de las aplicaciones del cliente. Tanto el tipo de panel de conexiones cruzadas como el cable de acceso a la red pueden ser requisitos de la legislación nacional, en este caso debe considerarse como parte del diseño del cableado genérico.

### *Acometida de acceso al edificio*

Se necesita instalaciones de acceso a un edificio donde el cableado troncal de campus, los cables de red pública y privada acceden a los edificios y se produce una transición a los cables internos. Para ello se necesita una acometida en el muro del edificio y la vía de cableado que conduce al repartidor de campus o del edificio. La legislación local puede exigir acometidas específicas donde terminar los cables externos. En este punto de terminación puede darse una transición entre cable externo y cable interno.

### **Dimensionado y configuración para cableado horizontal**

El número y tipo de subsistemas que se incluyen en una implementación de cableado genéricos depende de la geografía y tamaño del campus o edificio, y de la estrategia del usuario. Por norma general, existe un repartidor de campus por campus, un repartidor de edificio por edificio y un repartidor de planta por planta. Si el campus está formado únicamente por un edificio y con un único repartidor de edificio se puede operar no será necesario un repartidor de campus. Sin embargo, cuando los edificios tienen grandes dimensiones pueden ser necesarios varios repartidores de edificios, interconectados por un repartidor de campus.

Debemos asegurar que el diseño de los repartidores va a hacer que las longitudes de los latiguillos de parcheo, puentes y latiguillos de equipo se minimicen. Durante la operatividad de los servicios no debería modificarse las longitudes de los diferentes tipos de latiguillos.

En la tabla 2.7 se puede ver las longitudes máximas de canal para implementaciones de referencia.

Tabla 2.7: *Longitudes máximas para implementaciones de referencia*

Canal	Longitud
Horizontal	1000 m
Horizontal+troncal de edificio+troncal de campus	2000 m

Debería de existir un repartidor de planta cada 1000  $m^2$  de espacio reservado para oficinas. Debería existir, como mínimo, un repartidor de planta por planta. Existen excepciones, por ejemplo, si una planta no está apenas ocupada por oficinas o no se supera la distancia máxima permitida para un canal horizontal, entonces no es necesario colocar en dicha planta un repartidor de planta.

Si un área de oficinas en una planta tiene más de 1000  $m^2$ , entonces sería interesante instalar repartidores adicionales para ofrecer un servicio más eficiente en el área de trabajo.

Las funciones de repartidores múltiples pueden combinarse.

En la figura 2.24 se aprecia un sistema de cableado genérico para dos edificios de oficinas.

Existen situaciones en las que es necesario, por razones de seguridad, realizar un diseño de cableado redundante. Este tipo de diseño se emplea para sistemas de cableado en los que se quiera evitar la pérdida de conexión y de servicios provocados, por ejemplo, por el corte de comunicaciones provocado

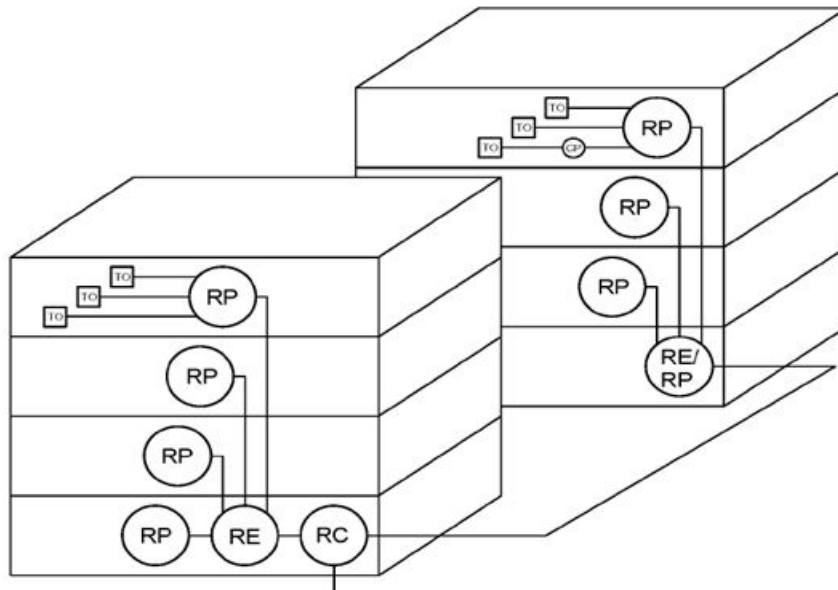


Figura 2.24: sistema de cableado genérico con repartidores de planta y edificios combinados

por interrupciones. Un ejemplo de este tipo de diseño de cableado lo encontramos en la figura 2.25.

### 2.4.2 Prestaciones de canal

#### Prestaciones ambientales

Para determinar las prestaciones ambientales, así como las clasificaciones ambientales de un canal, se hace uso de la clasificación MICE.

Cabe decir que el soporte de la aplicación depende solamente de las prestaciones de transmisión del canal. Esta depende de la longitud de transmisión del cable, número de conexiones y prestaciones de los componentes en las condiciones ambientales a las cuales el canal está sometido.

Los canales se implementan utilizando los siguientes elementos:

- Cableado horizontal solamente.
- Cableado troncal de edificio solamente.
- Cableado troncal de campus solamente.
- Combinación de las anteriores.

Es necesario especificar de alguna forma las prestaciones ambientales bajo las que han de ser operativos los canales en los distintos tipos de edificios en los que se puede establecer un sistema de cableado, en nuestro caso, un edificio de oficinas.

Las condiciones locales a las que se exponen los componentes de cableado se utilizarán para determinar las clasificaciones ambientales. La temperatura operativa del cableado será la temperatura local.

La clasificación ambiental se utiliza para:

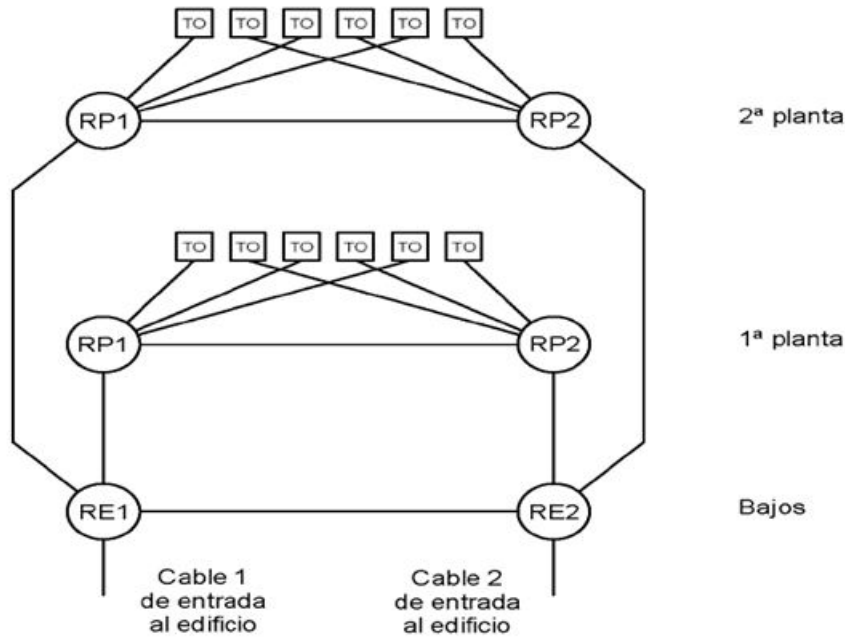


Figura 2.25: Conexión de elementos funcionales que proporcionan redundancia

- Los componentes y/o la protección que pueda proporcionarse.
- Las técnicas de instalación que se le deben aplicar al canal para poder proteger a este contra condiciones ambientales extremas que puedan darse. Como por ejemplo, un incendio o la lluvia.

Puede suceder que un canal esté expuesto a diferentes condiciones ambientales. Es por esto que para cada grupo M, I, C, E la clasificación de un entorno dado debe determinarse mediante los parámetros más severos de cada uno de los grupos dichos anteriormente. Se debe basar en la severidad específica para cada parámetro. Esta puede ser menos severa o exigente que la clasificación global del grupo.

### Clasificaciones ambientales

A continuación, pasaré a mostrar una tabla en la que se puede observar las distintas clasificaciones ambientales que se pueden llevar a cabo para un canal.

Como norma general, el entorno de un canal puede clasificarse combinando las designaciones MICE, ejemplo,  $M_2I_3C_1E_2$ .

Es importante decir que los requisitos de una clasificación dada cubren los requisitos de una clasificación inferior. Por ejemplo, si un canal está diseñado para poder operar en condiciones ambientales definidas por  $E_3$ , también debe continuar operando bajo condiciones ambientales definidas por  $E_2$  y por  $E_1$ .

Para el caso que nos compete, un sistema de cableado genérico para un edificio de oficinas, la clasificación ambiental típica es  $M_1I_1C_1E_1$ . Vease tabla 2.9.

Los parámetros de clasificación ambiental están definidos en la tabla 2.10.

Tabla 2.9: *Entornos de Canal*

Parámetro	Clase ambiental		
	1	2	3
Categoría mecánica	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>
Categoría de estanquidad	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
Categoría climática y química	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
Categoría electromagnética	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>

### Prestaciones de transmisión

Cabe decir, que los requisitos de prestaciones de transmisión de clase se deben cumplir para todas las clasificaciones ambientales especificadas para el canal.

#### prestaciones de canal de cableado balanceado

La norma EN 50173-1 especifica las siguientes Clases para cableado balanceado:

- Clase A: especificada hasta 100 kHz.
- Clase B: especificada hasta 1 MHz.
- Clase C: especificada hasta 16 MHz.
- Clase D: especificada hasta 100 MHz.
- Clase E: especificada hasta 250 MHz.
- Clase F: especificada hasta 600 MHz.

Un canal de clase A proporcionará las prestaciones mínimas de transmisión para soportar aplicaciones de clase A. Lo mismo para el resto de canales. Cabe decir que, por ejemplo, un canal B soportará todas las aplicaciones de las clases inferiores a esta, es decir, la clase A. La Clase A se considera la más baja y la Clase F la más alta.

A parte de las Clases anteriores, la norma EN 50173-1 especifica dos Clases más, que son:

- Clase CCCB: especificada hasta 0.1 MHz.
- Clase BCT-B: especificada hasta 1000 MHz.

Los parámetros de estudio especificados en este apartado son aplicables a canales con elementos de cable apantallado o sin apantallar, con o sin pantalla global, salvo que explícitamente se exprese de otra manera.

Decir que la impedancia nominal de los canales es de 100 ohmios.

A continuación pasaré a mostrar los parámetros de estudio que se consideran necesarios estudiar a la hora de tener en cuenta las prestaciones de transmisión de un canal. Mostraré una definición clara de

Tabla 2.10: *Detalles de Clasificación ambiental*

<b>Mecánica</b>	<b>M<sub>1</sub></b>	<b>M<sub>2</sub></b>	<b>M<sub>3</sub></b>
Choque/Sacudida *			
Aceleración de pico	40 m/s <sup>2</sup>	100 m/s <sup>2</sup>	250 m/s <sup>2</sup>
Vibración			
Amplitud de desplazamiento (2 Hz a 9 Hz)	1,5 mm	7,0 mm	15,0 mm
Amplitud de aceleración (9 Hz a 500 Hz)	5 m/s <sup>2</sup>	20 m/s <sup>2</sup>	50 m/s <sup>2</sup>
Fuerza de tracción	Véase nota 1	Véase nota 1	Véase nota 1
Resistencia al aplastamiento	45 N sobre 25 mm (lineales) min.	1 100 N sobre 150 mm (lineales) min.	2 200 N sobre 150 mm (lineales) min.
Impacto	1 J	10 J	30 J
Curvatura, flexión y torsión	Véase nota 1	Véase nota 1	Véase nota 1
<b>Estandaridad</b>	<b>I<sub>1</sub></b>	<b>I<sub>2</sub></b>	<b>I<sub>3</sub></b>
Polvo (diámetro máx.)	12,5 mm	0,05 mm	0,05 mm
Inmersión	Ninguna	Inyección intermitente de líquido ≤ 12,5 l/min ≥ 6,3 mm de chorro > 2,5 m de distancia	Inyección intermitente de líquido ≤ 12,5 l/min ≥ 6,3 mm de chorro > 2,5 m de distancia e inmersión (≤ 1 m durante ≤ 30 min)
<b>Climática y química</b>	<b>C<sub>1</sub></b>	<b>C<sub>2</sub></b>	<b>C<sub>3</sub></b>
Temperatura ambiente	-10 °C a +60 °C	-25 °C a +70 °C	-40 °C a +70 °C
Tasa de variación de temperatura	0,1 °C/min	1 °C/min	3 °C/min
Humedad	5% a 85% (sin condensación)	5% a 95% (con condensación)	5% a 95% (con condensación)
Radiación solar	700 W/m <sup>2</sup>	1 120 W/m <sup>2</sup>	1 120 W/m <sup>2</sup>
Polución líquida	Concentración × 10 <sup>-6</sup>	Concentración × 10 <sup>-6</sup>	Concentración × 10 <sup>-6</sup>
Contaminantes			
Cloruro sódico (sal/agua marina)	0	< 0,3	< 0,3
Aceite (concentración de aire seco)	0	< 0,005	< 0,5
Esterato sódico (jabón)	Ninguno	> 5 × 10 <sup>4</sup> acuosidad no gelificante	> 5 × 10 <sup>4</sup> acuosidad gelificante
Detergente	Ninguno	Para estudios posteriores	Para estudios posteriores
Partículas conductoras en solución	Ninguna	Temporalmente	Presente
Polución gaseosa	Media/Pico (Concentración × 10 <sup>-6</sup> )	Media/Pico (Concentración × 10 <sup>-6</sup> )	Media/Pico (Concentración × 10 <sup>-6</sup> )
Contaminantes			
Sulfuro de hidrógeno	< 0,003 / < 0,01	< 0,05 / < 0,5	< 10 / < 50
Dióxido de azufre	< 0,01 / < 0,03	< 0,1 / < 0,3	< 5 / < 15
Trióxido de azufre (Para estudios posteriores)	< 0,01 / < 0,03	< 0,1 / < 0,3	< 5 / < 15
Cloro en atmósfera húmeda (> 50% humedad)	< 0,000 5 / < 0,001	< 0,005 / < 0,03	< 0,05 / < 0,3
Cloro en atmósfera seca (< 50% humedad)	< 0,002 / < 0,01	< 0,02 / < 0,1	< 0,2 / < 1,0
Ácido clorhídrico	= / < 0,06	< 0,06 / < 0,3	< 0,6 / < 3,0
Fluoruro de hidrógeno	< 0,001 / < 0,005	< 0,01 / < 0,05	< 0,1 / < 1,0
Amoníaco	< 1 / < 5	< 10 / < 50	< 50 / < 250

cada uno de estos parámetros, así como una tabla asociada a cada uno de ellos en la que se pueda ver los valores máximos que se pueda alcanzar para una de las Clases citadas anteriormente.

Ya que el sistema de cableado estará diseñado para un edificio de oficinas, el cableado horizontal debe diseñarse para proporcionar las prestaciones de canal requerida a partir de las Clases D o superior, teniendo en cuenta los parámetros que, a continuación se estudian.

Los parámetros siguientes son aplicables a canales con elementos de cable apantallado o sin apantallar, con o sin pantalla global, a no ser que explícitamente se exprese de otra manera.

### *Pérdidas de retorno*

La pérdida de retorno es la diferencia entre la potencia de la señal transmitida y la potencia de las reflexiones de la señal causadas por las variaciones en la impedancia del cable. Sirve para medir la variación de la impedancia de entrada de un canal.

Este parámetro sólo podemos aplicarlo a las clases C, D, E, F, y BCT-B. Las pérdidas de retorno de cada par de un canal deben cumplir los límites calculados, con precisión de un dígito decimal.

En la tabla 2.11 se puede ver los límites de pérdidas de retorno a frecuencias clave.

### *Pérdidas de inserción*

Las pérdidas de inserción son las pérdidas de potencia de señal debido a la inserción de un dispositivo en una línea de transmisión o fibra óptica y se expresa en decibelios. Es una medida de atenuación, debido a la inserción de un dispositivo en el camino de la señal.



Tabla 2.11: Límites de pérdidas de retorno para enlace permanente a frecuencias clave

Frecuencia MHz	Pérdidas de retorno mínimas dB						
	0,1	1,0	16,0	100,0	250,0	600,0	1 000,0
Clase C	N/A	15,0	15,0	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase D	N/A	19,0	19,0	12,0	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	21,0	20,0	14,0	10,0	N/A	N/A
Clase F	N/A	21,0	20,0	14,0	10,0	10,0	N/A
Clase BCT-B	N/A	21,0	20,0	15,0	13,0	11,0	9,0

En la tabla 2.12 pueden verse los valores límites de pérdidas de inserción para configuración de canal a frecuencia clave.

Tabla 2.12: Límites de pérdidas de inserción para enlace permanente a frecuencias clave

Frecuencia MHz	Pérdidas de inserción máximas dB						
	0,1	1,0	16,0	100,0	250,0	600,0	1 000,0
Clase A	16,0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase B	5,5	5,8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase C	N/A	4,2	12,2	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase D	N/A	4,0	7,7	20,4	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	4,0	7,1	18,5	30,7	N/A	N/A
Clase F	N/A	4,0	6,9	17,7	28,8	46,6	N/A
Clase CCCB	4,0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase BCT-B-L	N/A	2,0	2,0	2,0	2,0	4,9	6,5
Clase BCT-B-M	N/A	2,0	2,0	4,1	6,6	10,7	14,3
Clase BCT-B-H	N/A	2,0	3,3	8,4	13,8	22,3	29,8

### *Pérdidas por paradiafonía (NEXT)*

Las pérdidas por paradiafonía se pueden dividir en dos tipos:

- Pérdidas por paradiafonía par a par (NEXT): Es el ruido acoplado a un par por efecto de transmisión en otro par cercano.
- Suma de potencia NEXT (PSNEXT): es el efecto combinado de NEXT o pérdida por paradiafonía par a par, de todos los pares de hilos.

Es aplicable a las clases A, B, C, D, E y F. Este tipo de pérdida por paradiafonía debe cumplir los límites adecuados, con precisión de un dígito decimal. Los requisitos de NEXT deben cumplirse en ambos extremos del cableado.

En la tabla 2.13 se recoge los valores límites de NEXT para configuración de canal a frecuencias clave.

Los valores de NEXT a frecuencias para las que la atenuación medida del canal es inferior a 4.0 dB tienen únicamente valor informativo.

El segundo tipo de pérdida por paradiafonía es suma de potencia NEXT (PSNEXT).

Este parámetro es aplicable únicamente a las clases D, E, F. Debe cumplirse los límites adecuados con precisión de un dígito decimal para cada par de un canal.

Los requisitos del PSNEXT han de ser medidos en ambos extremos del cableado.

Tabla 2.13: Límites NEXT para enlace permanente a frecuencias clave

Frecuencia MHz	NEXT Mínimo dB						
	0,1	1,0	16,0	100,0	250,0	600,0	1 000,0
Clase A	27,0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase B	40,0	25,0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase C	N/A	40,1	21,1	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase D	N/A	60,0	45,2	32,3	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	65,0	54,6	41,8	35,3	N/A	N/A
Clase F	N/A	65,0	65,0	65,0	60,4	54,7	N/A

El PSNEXT del par  $k$  se calcula a partir del NEXT para a par  $\alpha_{next}(i, k)$  de los pares adyacentes  $i, i = 1 \dots n$ .

En la tabla 2.14 se recoge los valores límites PSNEXT para configuración de canal a frecuencias clave.

Tabla 2.14: Límites Suma de potencia NEXT a frecuencias clave

Frecuencia MHz	PSNEXT Mínimo dB						
	0,1	1,0	16,0	100,0	250,0	600,0	1 000,0
Clase D	N/A	57,0	42,2	29,3	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	62,0	52,6	39,3	32,7	N/A	N/A
Clase F	N/A	62,0	62,0	62,0	57,4	51,7	N/A

Los valores de PSNEXT a frecuencias para las que la atenuación medida del canal es inferior a 4.0 dB tienen únicamente valor informativo.

En la figura 2.26 se puede ver un diagrama en el que se puede ver gráficamente que es la telediafonía (FEXT) y la paradiafonía (NEXT).

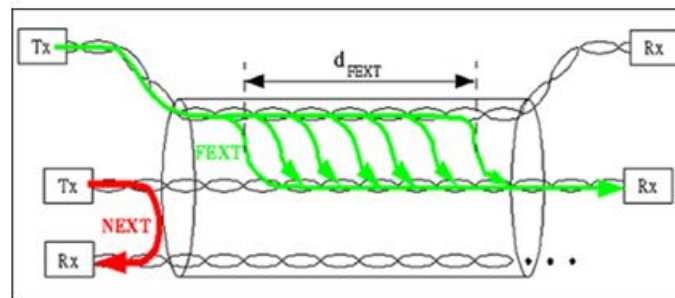


Figura 2.26: Explicación gráfica NEXT y FEXT

### Relación entre pérdidas de inserción y pérdidas por diafonía, ACR

Existen dos tipos de ACR:

- ACR par a par.
- Suma de potencia ACR (PSACR).

#### ACR par a par

Corresponde a la diferencia entre la NEXT en decibelios y la atenuación en decibelios entre pares.

El valor de la ACR indica cómo se compara la amplitud de las señales recibidas del extremo lejano del transmisor con la amplitud de la interferencia producida por transmisiones del extremo cercano.

Este parámetro es aplicable únicamente a las Clases D, E y F.

El ACR para cada combinación de pares en un canal debe cumplir los límites que se exponen a continuación, con precisión de un dígito decimal.

Vease tabla 2.15.

Tabla 2.15: Límites de ACR para enlace permanente a frecuencias clave

Frecuencia MHz	ACR Mínimo dB						
	0,1	1,0	16,0	100,0	250,0	600,0	1 000,0
Clase D	N/A	56,0	37,5	11,9	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	61,0	47,5	23,3	4,7	N/A	N/A
Clase F	N/A	61,0	58,1	47,3	31,6	8,1	N/A

#### Suma de potencia ACR (PSACR)

El PSACR del par  $k$ ,  $\alpha_P S A C R(k)$ , es calculado a partir del PSNEXT  $\alpha_P S N E X T(k)$  y de las pérdidas de inserción  $\alpha(k)$  del par  $k$ .

El parámetro PSACR sólo es aplicable a las clases D, E y F. Se debe cumplir, para cada par de un canal, los límites calculados, con un dígito decimal de precisión.

Los requisitos de PSACR deben cumplirse en ambos extremos del cableado.

Vease tabla 2.16.

Tabla 2.16: Límites de PSACR para enlace permanente a frecuencias clave

Frecuencia MHz	PSACR Mínimo dB						
	0,1	1,0	16,0	100,0	250,0	600,0	1 000,0
Clase D	N/A	53,0	34,5	8,9	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	58,0	45,5	20,8	2,0	N/A	N/A
Clase F	N/A	58,0	55,1	44,3	38,6	5,1	N/A

#### Pérdidas por telediafonía de igual nivel (ELFEXT)

Con pérdida se refiere a la pérdida en la potencia de la señal debido a la telediafonía.

Existen dos tipos:

- Pérdidas por telediafonía par a par (ELFEXT par a par).
- Suma de potencia ELFEXT (PSELFEXT).

#### Pérdidas por telediafonía par a par (ELFEXT)

Consiste en calcular la pérdida por telediafonía para pares de pares de un mismo canal.

Este parámetro es aplicable sólo a las Clases D, E y F.

El ELFEXT para cada combinación de pares de un mismo canal debe cumplir los límites calculados, con precisión de un dígito decimal.

En la tabla 2.17 se puede ver los límites ELFEXT para configuración de canal a frecuencias clave.

Tabla 2.17: *Límites de ELFEXT para enlace permanente a frecuencias clave*

Frecuencia MHz	ELFEXT Mínimo dB						
	0,1	1,0	16,0	100,0	250,0	600,0	1 000,0
Clase D	N/A	58,6	34,5	18,6	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	64,2	40,1	24,2	16,2	N/A	N/A
Clase F	N/A	65,0	57,5	46,0	39,2	32,6	N/A

### *Suma de potencia ELFEXT (PSELFEXT)*

Es el efecto combinado de ELFEXT de todos los pares de hilos.

Sólo es aplicable a las Clases D, E y F. El PSELFEXT para cada para de un canal debe cumplir los límites adecuados, con precisión de un dígito decimal.

En la tabla 2.18 se recoge los límites PSELFEXT para enlace permanente a frecuencias clave.

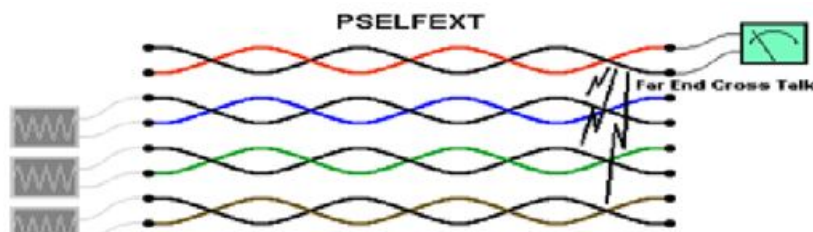


Figura 2.27: *Representación gráfica de PSELFEXT*

Tabla 2.18: *Límites de PSELFEXT para enlace permanente a frecuencias clave*

Frecuencia MHz	PSELFEXT Mínimo dB						
	0,1	1,0	16,0	100,0	250,0	600,0	1 000,0
Clase D	N/A	55,6	31,5	15,6	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	61,2	37,1	21,2	13,2	N/A	N/A
Clase F	N/A	62,0	56,3	43,0	36,2	29,6	N/A

### *Resistencia de bucle en corriente continua (c.c.)*

Esta resistencia para cada par de un canal debe cumplir los límites que aparecen en la tabla 2.19.

### *Resistencia no balanceada en corriente continua (c.c.)*

La resistencia no balanceada entre los dos conductores en cada para de un canal debe cumplir con los límites de la tabla 2.20.

Para poder satisfacer los porcentajes anteriores se debe de llevar a cabo un diseño adecuado.

### *Retardo de propagación*

Tabla 2.19: Límites de resistencia de bucle en c.c. para enlace permanente a frecuencias clave

Clase	Máxima Resistencia de bucle en c.c. $\Omega$
A	530,0
B	140,0
C	34,0
D	21,0
E	21,0
F	21,0
CCCB	8,0 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> En caso de que los enlaces tengan que proporcionar únicamente alimentación eléctrica este valor se debe incrementar a 10  $\Omega$ .

Tabla 2.20: Valores máximos de resistencia no balanceada en c.c. para un canal

Clase	Máxima resistencia no balanceada en c.c. %
A	3,0
B	3,0
C	3,0
D	3,0
E	3,0
F	3,0
CCCB	3,0 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Para las aplicaciones que no requieran alimentación eléctrica el límite debe ser reducido a 1,5%.

El retardo de propagación es el tiempo que tarda una señal en viajar desde un origen a un destino a través de un medio, en nuestro caso, a través del cable balanceado.

Este parámetro se aplica a las Clases A, B, C, D, E, F, CCCB y BCT-B.

El retardo de propagación para cada par de canal, siempre y cuando sea necesario, debe medirse de acuerdo con la norma EN 50346.

La tabla en la que podemos observar los límites de retardo de propagación para enlace permanente a frecuencias claves es la 2.21.

Tabla 2.21: Límites de retardo de propagación para enlace permanente a frecuencias clave

Frecuencia MHz	Máximo Retardo de propagación $\mu s$						
	0,1	1,0	16,0	100,0	250,0	600,0	1 000,0
Clase A	19,400	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase B	4,400	4,400	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase C	N/A	0,521	0,496	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase D	N/A	0,521	0,496	0,491	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	0,521	0,496	0,491	0,490	N/A	N/A
Clase F	N/A	0,521	0,496	0,491	0,490	0,489	N/A
Clase CCCB	1,000 (Para estudios posteriores)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase BCT-B	N/A	0,521	0,496	0,491	0,490	0,489	N/A

### Retardo diferencial

Tabla 2.22: Límites de retardo diferencial para enlace permanente a frecuencias clave

Clase	Máximo Retardo diferencial $\mu\text{s}$
C	0,044
D	0,044
E	0,044
F	0,026

Es la diferencia entre los retardos máximos y mínimos de las frecuencias comprendidas en una banda determinada.

Este parámetro se aplica a las Clases C, D, E y F.

Cuando se requiera, el retardo diferencial se debe medir basándonos en la norma EN 50346.

Los límites de retardo diferencial para enlace permanente a frecuencias clave se pueden ver en la tabla 2.22.

### Prestaciones de canal de fibra óptica

En la norma EN 50173-1 se presentan diferentes Clases de cableado de fibra óptica, cada uno de los cuales es capaz de soportar unas aplicaciones u otras. Estas aplicaciones se podrán ver al final de este documento, anexo F.

Las diferentes Clases de fibra óptica son las siguientes:

- Canales de Clase **OF-25**: Soportan aplicaciones que utilizan cable de fibra óptica plástica, de acuerdo con el apartado 5.6.2, para un mínimo de 25 metros.
- Canales de Clase **OF-50**: Soportan aplicaciones que utilizan cable de fibra óptica plástica, de acuerdo con el apartado 5.6.2, para un mínimo de 50 metros.
- Canales de Clase **OF-100**: Soportan las aplicaciones que utilizan cable de fibra óptica plástica, de acuerdo con el apartado 5.6.2, o cable de fibra óptica de núcleo de silicio con cubierta plástica, de acuerdo con el apartado 5.6.3, para un mínimo de 200 metros.
- Canales de Clase **OF-200**: Soportan las aplicaciones que utilizan cable de fibra óptica plástica, de acuerdo con el apartado 5.6.2, o cable de fibra óptica de núcleo de silicio con cubierta plástica, de acuerdo con el apartado 5.6.2, para un mínimo de 200 metros.
- Canales de Clase **OF-300**: Soportan las aplicaciones que utilizan cable de fibra óptica con núcleo y cubierta de silicio, de acuerdo con el apartado 5.6.1, para un mínimo de 300 metros.
- Canales de Clase **OF-500**: Soportan las aplicaciones que utilizan cable de fibra óptica con núcleo y cubierta de silicio, de acuerdo con el apartado 5.6.1, para un mínimo de 500 metros.
- Canales de Clase **OF-2000**: Soportan las aplicaciones que utilizan cable de fibra óptica con núcleo y cubierta de silicio, de acuerdo con el apartado 5.6.1, para un mínimo de 2000 metros.
- Canales de Clase **OF-5000**: Soportan las aplicaciones que utilizan cable de fibra óptica con núcleo y cubierta de silicio, para un mínimo de 5000 metros.
- Canales de Clase **OF-10000**: Soportan las aplicaciones que utilizan cable de fibra óptica con núcleo y cubierta de silicio, de acuerdo con el apartado 5.6.1.3, para un mínimo de 10000 metros.



No existen requisitos especiales para cableado genérico relativos a la multiplexación de longitud de onda. Todo el hardware específico a la aplicación para multiplexación de longitud de onda está internamente instalado en, o asociado con, equipos de transmisión y/o terminales.

Para el sistema de cableado que queremos diseñar, sistema de cableado de oficinas, el cableado de fibra óptica que empleemos debe ser a partir de las Clases OF-300, OF-500, OF-2000, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- ✓ Atenuación de canal.
- ✓ Retardo de propagación.

### *Atenuación de canal*

Es la diferencia de potencias entre la señal inyectada a la entrada y la señal obtenida a la salida del canal. La atenuación depende de la frecuencia de la señal, cuanto mayor es la frecuencia de la señal, más se atenúa al recorrer el medio de transmisión.

Para medir la atenuación de canal se debe hacer uso de la norma EN 50346.

Cabe decir que los métodos de ensayo que se han realizado se han desarrollado para sistemas de conexión de fibra óptica convencionales, compuestos por dos conectores y un adaptador. Hay casos en los que estos métodos no son adecuados para conectores de pequeño tamaño, formados por un conector macho y un conector hembra.

La atenuación de canal a una longitud de onda no debe sobrepasar la suma de valores de atenuación especificada para los componentes a dicha longitud de onda.

En la tabla 2.23, podemos ver los límites de atenuación para configuración de canal de cableado de fibra óptica.

Tabla 2.23: *Límites de atenuación para configuración de canal de cableado de fibra óptica*

Clase	Construidos a partir de tipos de fibra óptica del apartado 7.7	Máxima atenuación de canal dB				
		Multimodo			Monomodo	
		650 nm	850 nm	1 300 nm	1 310 nm	1 550 nm
OF-25	OP1, OP2	8,00 <sup>a</sup>	4,00 <sup>a, b</sup>	4,00 <sup>a, b</sup>	—	—
OF-50	OP1, OP2	13,00 <sup>a</sup>	5,00 <sup>a, b</sup>	5,00 <sup>a, b</sup>	—	—
OF-100	OP1, OP2, OH1	23,00 <sup>a</sup>	7,00 <sup>a, b</sup>	7,00 <sup>a, b</sup>	—	—
OF-200	OP2, OH1	23,0 <sup>a</sup>	11,0 <sup>a</sup>	11,0 <sup>a</sup>	—	—
OF-300	OM1, OM2, OM3, OS1, OS2	—	2,55	1,95	1,80	1,80
OF-500	OM1, OM2, OM3, OS1, OS2	—	3,25	2,25	2,00	2,00
OF-2 000	OM1, OM2, OM3, OS1, OS2	—	8,50	4,50	3,50	3,50
OF-5 000	OS1, OS2	—	—	—	4,00	4,00
OF-10 000	OS1, OS2	—	—	—	6,00	6,00
<sup>a</sup> Medido bajo distribución modal de equilibrio.						
<sup>b</sup> No aplicable para canales implementados que utilicen OP1 del capítulo 7.						

A continuación, veremos una serie de premisas relacionadas con la atenuación total del hardware de conexión en los canales.

- OF-25, OF-50, OF-100, OF-200: Los valores de la tabla 2.23 se basan en una asignación total de 3.0 dB para las conexiones. Puede utilizarse conectores y empalmes adicionales, siempre y cuando la potencia prevista de la aplicación lo permita.

- OF-300, OF-500, OF-2000: Los valores de la tabla 2.23 se basan en una asignación total de 1.5 dB para las conexiones. Pueden utilizarse conectores y empalmes adicionales, siempre y cuando la potencia prevista de la aplicación lo permita.
- OF-5000, OF-10000: Los valores de la tabla 2.23 se basan en una asignación total de 2.0 dB para las conexiones. Pueden utilizarse conectores y empalmes adicionales, siempre y cuando la potencia prevista de la aplicación lo permita.

### ***Retardo de propagación***

Es el tiempo que tarda en viajar la señal de luz desde el origen hasta el destino. Lo ideal sería que el tiempo fuera 0, pero eso es imposible.

Al retardo de propagación hay que añadirle el tiempo que se emplea en convertir la señal a un haz de luz.

Para algunas aplicaciones es necesario conocer el retardo de los canales de fibra óptica, y por lo tanto la distancia. Se puede calcular el retardo de propagación basándonos en las prestaciones del cable.

## **2.4.3 Referencia de implementación para el cableado troncal**

### **Generalidades**

En este capítulo vamos a ver cómo se describe la implementación de cableado genérico. La implementación debe satisfacer los requisitos apartado ??, así como los parámetros correspondientes al apartado 2.4.2, tanto para cableado balanceado como para fibra óptica.

Para que podamos asegurar la integridad de las prestaciones ambientales de los componentes del cableado, el diseño debe garantizar la compatibilidad entre los componentes del cableado y estar de acuerdo con la norma EN 50174-1.

### **Cableado Balanceado**

#### **Generalidades**

Los componentes de cableado balanceado, que veremos en capítulos posteriores, se definen en términos de Categoría.

Las implementaciones están hechas para las prestaciones de los componentes a 20°C.

#### **Selección de componentes**

A la hora de seleccionar los componentes de cableado balanceado debemos tener en cuenta dos aspectos principales:

- ✓ La longitud de los canales.
- ✓ Las clases de aplicaciones que tendrá que soportar el cableado.

### **Longitudes**



A continuación, pasaré a hablar de las longitudes del cableado balanceado. Comenzaremos mostrando la figura 2.28.

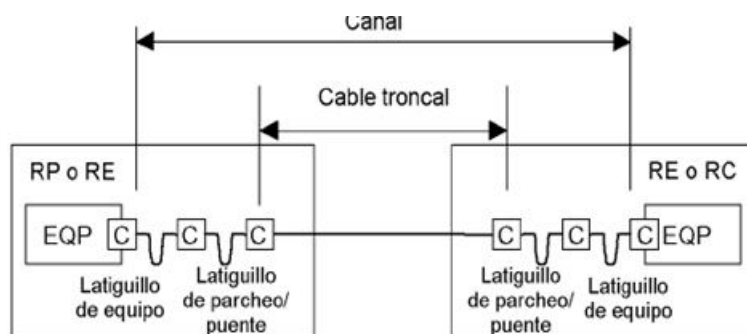


Figura 2.28: Modelado de cableado troncal

Esta figura muestra el modelo de cableado troncal. Como puede observarse, a lo largo del canal existen diferentes conexiones, así como latiguillos de parcheo o puente. Para este apartado en concreto, tomaremos los puentes como latiguillos. La conexión de la figura anterior es una conexión cruzada en ambos extremos. Se puede decir que este es el peor caso de configuración para un canal troncal.

Hay que tener en cuenta dos cosas:

- El cable flexible que compone los latiguillos tiene mayor pérdida que el cable que se usa como cableado troncal.
- El cable de los latiguillos de canal tienen especificaciones comunes de pérdidas de inserción.

Para adaptar las mayores pérdidas de los cables empleados como latiguillos, la longitud de los cables dentro de un canal para una Clase concreta debe determinarse las ecuaciones de la tabla 2.24.

En el caso de que utilicemos cuatro conexiones dentro de un mismo canal, entonces la longitud física del cable troncal debe ser mayor o igual a 15 metros.

La longitud máxima del cable troncal fijo dependerá de la longitud total de todos los latiguillos que formen parte del canal. Un sistema debería implementarse para asegurar que los latiguillos que se empleen en el canal cumplan las reglas de diseño.

Vease la tabla 2.24.

## Cableado de fibra óptica

### Generalidades

La fibra óptica se define en términos de construcción física, es decir, diámetro de núcleo y revestimiento, y de su Categoría de prestaciones de transmisión en un cable. Para un canal de cableado, las fibras ópticas que se empleen en él deben ser de la misma categoría y deben tener las mismas especificaciones de construcción física. Decir que si en un subsistema de cableado se usa más de una construcción física o Categoría de cable, se debe de marcar cada uno de ellos para así poder identificarlos de una manera más sencilla.

### Selección de componentes

Tabla 2.24: Ecuaciones de canal troncal

Categoría del componente	Clase <sup>a</sup>					
	A	B	C	D	E	F
5	2 000	$B = 250 - F \times X$	$B = 170 - F \times X$	$B = 105 - F \times X$	—	—
6	2 000	$B = 260 - F \times X$	$B = 185 - F \times X$	$B = 111 - F \times X$	$B = 105 - 3^b - F \times X$	—
7	2 000	$B = 260 - F \times X$	$B = 190 - F \times X$	$B = 115 - F \times X$	$B = 107 - 3^b - F \times X$	$B = 105 - 3^b - F \times X$
B longitud del cable troncal fijo (m).						
F longitud combinada de puentes, latiguillos de parcheo y latiguillos de equipo (m).						
X relación entre las pérdidas de inserción del cable flexible (dB/m) y la del cable troncal fijo (dB/m) – véase el capítulo 9.						
<sup>a</sup> Es posible que no se soporten aplicaciones limitadas por el retardo de propagación o el retardo diferencial si la longitud de canal supera los 100 m.						
<sup>b</sup> Esta reducción de longitud tiene por objetivo proporcionar un margen para la desviación de las pérdidas de inserción.						
Cuando los canales contienen un número diferente de conexiones respecto al modelo mostrado en la figura 4, la longitud de cable fijo debe reducirse (si hay más conexiones) o puede incrementarse (si hay menos conexiones) a razón de 2 m por conexiones para cableado de Categoría 5 y 1 m por conexiones para componentes de Categorías 6 y 7. Adicionalmente deberían verificarse las prestaciones de NEXT, pérdidas de retorno y ELFEXT.						
Para temperaturas operativas por encima de 20 °C, B debería reducirse en un 0,2% por °C para cables apantallados y en un 0,4% por °C (de 20 °C a 40 °C) y en un 0,6% por °C (>40 °C hasta 60 °C) para cables no apantallados. Debe consultarse la información del fabricante/proveedor cuando se pretenda que la temperatura de funcionamiento supere los 60 °C.						

En cuanto a qué componentes de fibra óptica seleccionar se deben tener en cuenta dos aspectos importantes:

- ✓ La longitud de los canales.
- ✓ Las aplicaciones que vaya a soportar dichos canales.

### Longitudes

En cuanto a la longitud, esta va a venir determinada por la Categoría del cable de fibra óptica. En la tabla 2.25 podemos ver las longitudes máximas que puede tener un canal en función de la Categoría que emplee. Las distancias máximas se pueden ver en la columna cuarta de la tabla.

Tabla 2.25: Ecuaciones de longitud de configuración de canal para cableado de fibra óptica

Categoría de cable de fibra óptica	Clase	Ecuaciones de implementación		Longitud Máxima
		Longitud de onda		
Multimodo		850 nm	1 300 nm	m
OM1/OM2/OM3	OF-300	$L = 735 - 214 \times x - 90 \times y$	$L = 1\,300 - 500 \times x - 200 \times y$	300
	OF-500	$L = 935 - 214 \times x - 90 \times y$	$L = 1\,500 - 500 \times x - 200 \times y$	500
	OF-2000	$L = 2\,435 - 214 \times x - 90 \times y$	$L = 3\,000 - 500 \times x - 200 \times y$	2 000
Monomodo		1 310 nm	1 550 nm	
OS1	OF-300	$L = 1\,800 - 750 \times x - 300 \times y$	$L = 1\,800 - 750 \times x - 300 \times y$	300
	OF-500	$L = 2\,000 - 750 \times x - 300 \times y$	$L = 2\,000 - 750 \times x - 300 \times y$	500
	OF-2000	$L = 3\,500 - 750 \times x - 300 \times y$	$L = 3\,500 - 750 \times x - 300 \times y$	2 000
OS2	OF-300	$L = 4\,500 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	$L = 4\,500 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	300
	OF-500	$L = 5\,000 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	$L = 5\,000 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	500
	OF-2000	$L = 8\,750 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	$L = 8\,750 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	2 000
	OF-5000	$L = 10\,000 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	$L = 10\,000 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	5 000
	OF-10000	$L = 15\,000 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	$L = 15\,000 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	10 000
L = la longitud del canal (m); x = número total de conexiones acopladas en el canal; y = número total de empalmes en el canal.				

Podemos decir que los sistemas de conexión utilizados para terminar cableado de fibra óptica pueden contener conexiones acopladas y empalmes. Las conexiones cruzadas pueden comprender empalmes reutilizables.

Se puede hacer uso de conexiones adicionales, siempre y cuando las máximas pérdidas de inserción del canal de la aplicación lo permitan.

#### 2.4.4 Referencia de implementación en edificios de oficinas

##### Generalidades

En este capítulo vamos a ver la descripción del cableado genérico que utiliza componentes que serán referenciados en capítulos posteriores. Estas implementaciones de referencia cumplen los requisitos del apartado 2.4.1. Si se instalan de acuerdo con las normas de la serie EN 50174, entonces cumplirá los requisitos de prestaciones de transmisión de canal, vistos en el apartado "*Prestaciones de Transmisión*", 2.4.2.

Se debe garantizar la compatibilidad entre los componentes de cableado. Para ello, el diseño debe hacerse en base a la norma EN 50174-1.

##### Cableado balanceado

##### Generalidades

Los componentes del cableado balanceado vienen definidos en función de la Categoría. Para este capítulo, en las implementaciones de referencia que se lleven a cabo, los componentes empleados en cada canal deben tener la misma impedancia nominal.

##### Cableado horizontal

##### Selección de los componentes

A la hora de seleccionar los componentes de cableado balanceado, deberemos tener en cuenta qué aplicación o aplicaciones va a soportar el cableado en sí.

Como bien dijimos anteriormente, los componentes se clasificarán en Categorías. Estas categorías son las siguientes:

- ✓ Categoría 5: los componentes pertenecientes a esta categoría proporcionan prestaciones de cableado balanceado de Clase D.
- ✓ Categoría 6: los componentes pertenecientes a esta categoría proporcionan prestaciones de cableado balanceado de Clase E.
- ✓ Categoría 7: los componentes pertenecientes a esta categoría proporcionan prestaciones de cableado balanceado de Clase F.

Decir que los cables y conexiones de diferentes Categorías pueden mezclarse en un mismo canal, pero las prestaciones del cableado resultante estará determinado por la Categoría más baja de los componentes.

##### Dimensiones

En este apartado podremos observar a través de una figura las dimensiones del cableado horizontal teniendo en cuenta las especificaciones de canal vistas en el apartado "*Prestaciones de transmisión*", 2.4.2.

Vamos a mostrar cada una de las partes que componen la figura y vamos a ir explicando cada una de ellas.

**Modelo de interconexión-TO (a)**

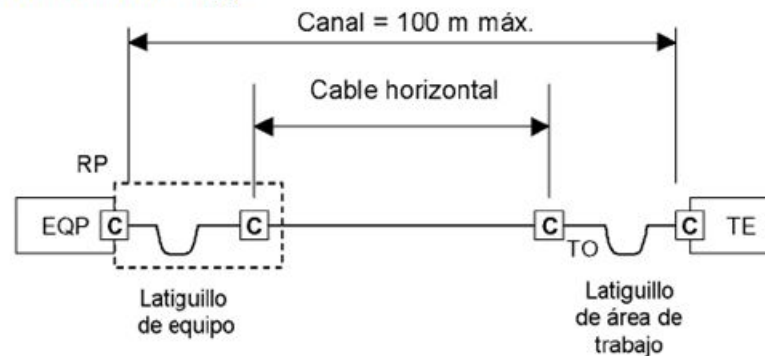


Figura 2.29: Modelo de interconexión-TO (a)

En la figura 2.29 podemos ver un canal que sólo tiene una interconexión y una toma de telecomunicaciones o una MUTO. El cable horizontal conecta el repartidor de planta con la toma de telecomunicaciones.

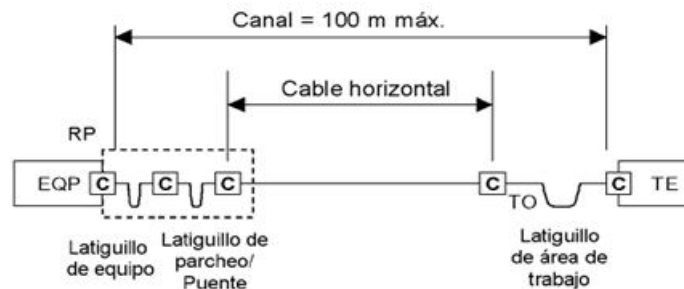


Figura 2.30: Modelo de Conexión Cruzada-TO (b)

En la figura 2.30 podemos ver como existe una conexión cruzada, en el lado izquierdo de la figura, donde se encuentra el latiguillo de parcheo o, en su defecto, un puente. El puente en este caso puede considerarse como un latiguillo. Como en el caso anterior, el cable horizontal conecta el repartidor de planta con la toma de telecomunicaciones.

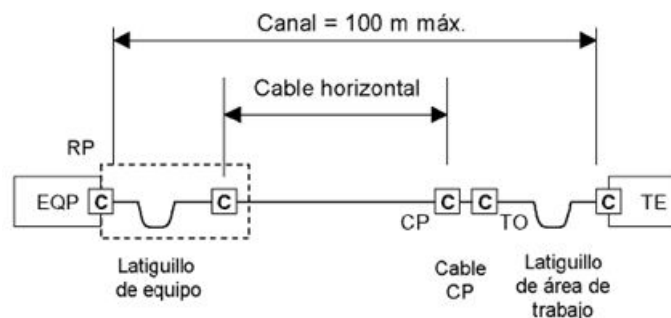


Figura 2.31: Modelo de interconexión-CP-TO (c)

En la figura 2.31, que representa otro modelo de interconexión, se añade un elemento extra, un punto

de consolidación. Este está ubicado en la tercera conexión, donde pone CP (punto de consolidación). Como puede observarse, el punto de consolidación no se considera un componente del cableado horizontal. En este caso, se está conectando el repartidor de planta con el punto de consolidación, y éste con la toma de telecomunicaciones ubicada en el área de trabajo.

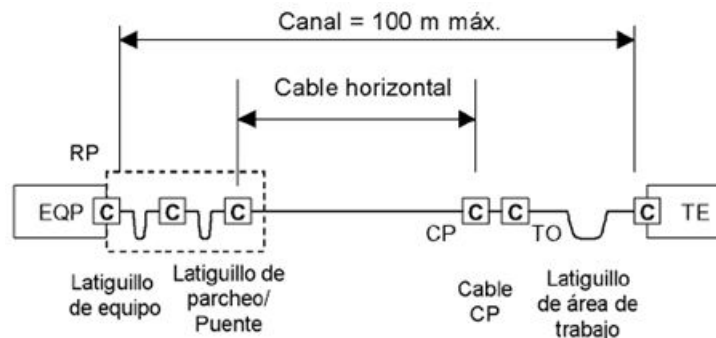


Figura 2.32: Modelo de conexión cruzada-CP-TO (d)

En este modelo, aparte de existir un CP, también existe una conexión adicional a modo de conexión cruzada. En este caso, el cable horizontal conecta el repartidor de planta con CP. Los puentes pueden ser considerados como latiguillos. Esta es la implementación máxima utilizada para definir las prestaciones límite de canal que vimos en el apartado "*Prestaciones de transmisión*". Vease figura 2.32.

Como hemos podido observar, el cable horizontal une el repartidor de planta (RP) con la toma de telecomunicaciones en el área de trabajo o, si existe un punto de consolidación, une el repartidor de planta con el punto de consolidación.

El canal abarca desde la conexión existente en el repartidor de planta hasta la conexión existente en el equipo terminal. Sin embargo, el cableado horizontal abarca los extremos que conecta el repartidor de planta con la toma de telecomunicaciones o con el punto de consolidación, si existiese.

Decir que ni los latiguillos de equipo, ni los de parcheo ni los de área de trabajo, así como los puentes, se incluyen en el subsistema de cableado horizontal.

Para aquellos modelos que incluyen punto de consolidación, la especificación de las pérdidas de inserción para el cable de punto de consolidación puede diferir de los cables horizontal y flexible.

Para calcular las longitudes de los cables utilizados en un canal debe hacerse uso de una serie de ecuaciones. Estas se expondrán en la siguiente tabla. En dicha tabla se asume lo siguiente:

- ✓ El cable flexible usado para los latiguillos tiene una especificación mayor de pérdidas de inserción que el cable horizontal.
- ✓ Los cables utilizados en estos latiguillos en el canal tienen una especificación común de pérdidas de inserción.

Decir que las implementaciones están basadas en unas prestaciones de componentes a 20°C.

Vease tabla 2.27.

Existen una serie de restricciones generales que se deben tener en cuenta. Estas son las siguientes:

- La longitud física de un canal no debe exceder los 100 metros.

Tabla 2.26: Ecuaciones de canal horizontal

Modelo	Figura	Ecuaciones modelo		
		Clase D	Clase E	Clase F
Interconexión – TO	a	$H = 109 - F \times X$	$H = 107 - 3^a - F \times X$	$H = 107 - 2^a - F \times X$
Conexión cruzada – TO	b	$H = 107 - F \times X$	$H = 106 - 3^a - F \times X$	$H = 106 - 3^a - F \times X$
Interconexión – CP–TO	c	$H = 107 - F \times X - C \times Y$	$H = 106 - 3^a - F \times X - C \times Y$	$H = 106 - 3^a - F \times X - C \times Y$
Conexión cruzada – CP–TO	d	$H = 105 - F \times X - C \times Y$	$H = 105 - 3^a - F \times X - C \times Y$	$H = 105 - 3^a - F \times X - C \times Y$
$H$ máxima longitud del cable horizontal (m). $F$ longitud combinada de latiguillos de parcheo, puentes, latiguillos de equipo y de área de trabajo (m). $C$ longitud del cable CP (m). $X$ relación entre las pérdidas de inserción del cable flexible (dB/m) y las pérdidas de inserción del cable horizontal (dB/m) – véase el capítulo 9. $Y$ relación entre las pérdidas de inserción del cable CP (dB/m) y las pérdidas de inserción del cable horizontal (dB/m) – véase el capítulo 9.				
<sup>a</sup> Esta reducción de longitud proporciona un margen distribuido para adaptar la desviación de las pérdidas de inserción.				
Para temperaturas operativas superiores a los 20 °C, $H$ debería reducirse a razón del 0,2% por °C para cables apantallados y del 0,4% por °C (de 20 °C a 40 °C) y del 0,6% por °C (> 40 °C a 60 °C) para cables no apantallados. Debe consultarse la información de los fabricantes/proveedores cuando la temperatura operativa prevista supere los 60 °C.				

Tabla 2.27: Ecuaciones de canal horizontal

- La longitud física del cable horizontal no debe exceder los 90 metros. Puede ser necesario que sea menor en función de la longitud de los cables CP (punto de consolidación) y los latiguillos utilizados, así como el número de conexiones empleadas.
- Si se utiliza una toma MUTO, la longitud del latiguillo de área de trabajo no debería exceder los 20 metros.
- Si se hace uso de un punto de consolidación, la longitud del cable horizontal debe ser 15 metros como mínimo, para reducir el efecto de las conexiones múltiples cercanas, debido al NEXT y a las pérdidas de retorno.
- La longitud de los latiguillos de parcheo o puentes no deben exceder los 5 metros.

Decir que se debería de implementar un sistema de gestión para controlar que, durante la operatividad del cableado instalado se cumplen las reglas de diseño para la planta, el edificio o la instalación.

### Cableado troncal

Todo lo referente a este apartado ha sido expuesto en el "*Referencia de implementación para el cableado troncal*", RefImplementacion.

### Cableado de fibra óptica

#### Cableado horizontal

##### Generalidades

Las fibras ópticas se definen en función de la construcción física, es decir, de los diámetros del núcleo y la cubierta, así como de sus categorías de prestaciones de transmisión dentro de un cable.

Decir que si más de una construcción física o Categoría de cable se utiliza en un subsistema de cableado, debe de identificarse el cableado para que se pueda identificar cada tipo de cableado de manera inequívoca.

### Selección de componentes

Los componentes de fibra óptica que se elijan van a depender de la aplicación o aplicaciones para las que se estén destinadas soportar. También se deberá tener en cuenta las longitudes de canal que sea necesario.

### Dimensiones

A continuación, mostraremos una serie de modelos que nos servirán para representar gráficamente las dimensiones para el cableado horizontal de fibra óptica. Decir que el cableado de fibra óptica puede contener conexiones acopladas y empalmes. Las conexiones cruzadas pueden comprender empalmes reutilizables.

Para hacer llegar la fibra óptica hasta la toma de telecomunicaciones, por regla general, no es necesario usar un equipo de transmisión en el repartidor de planta, a no ser que el diseño de la fibra en el subsistema de cableado troncal sea diferente al diseño de la fibra en el subsistema de cableado horizontal. Con esto se puede conseguir combinar canales troncal y horizontal. Esto lo podemos ver en la figura 2.33:

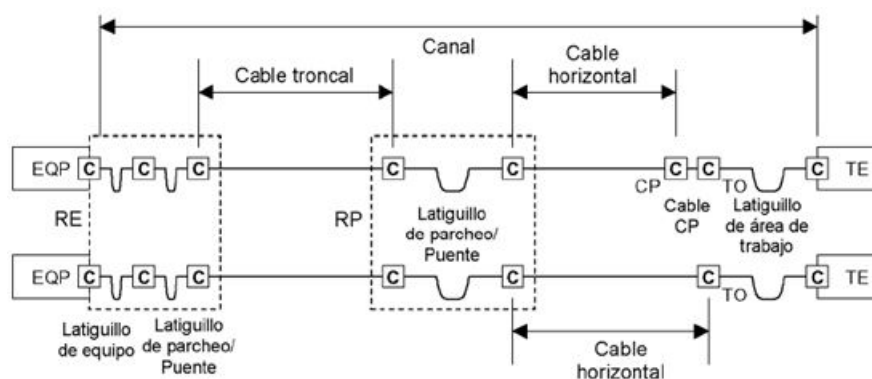


Figura 2.33: Combinaciones de canales troncal/horizontal de fibra óptica

Este diagrama muestra un canal parcheado. Como se puede ver, se tiene dos equipos conectados en un extremo y dos equipos terminales conectados a otro extremo. Como se puede ver, cada pareja de equipos, EQP- TE, están conectados a un canal, uno independiente del otro.

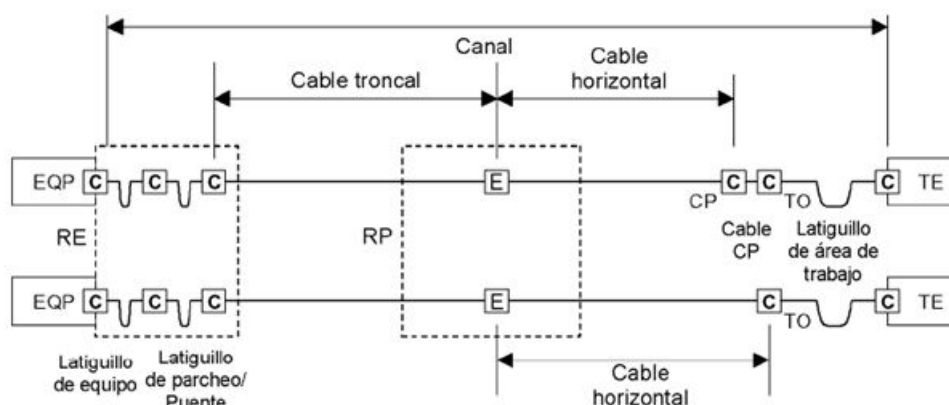


Figura 2.34: Canal empalmado combinado



En la figura 2.34 podemos ver como el subsistema de cableado troncal se acopla con el subsistema de cableado horizontal mediante un empalme.

Lo comentado anteriormente para el diagrama anterior referente a los equipos conectados es aplicable a este diagrama también.

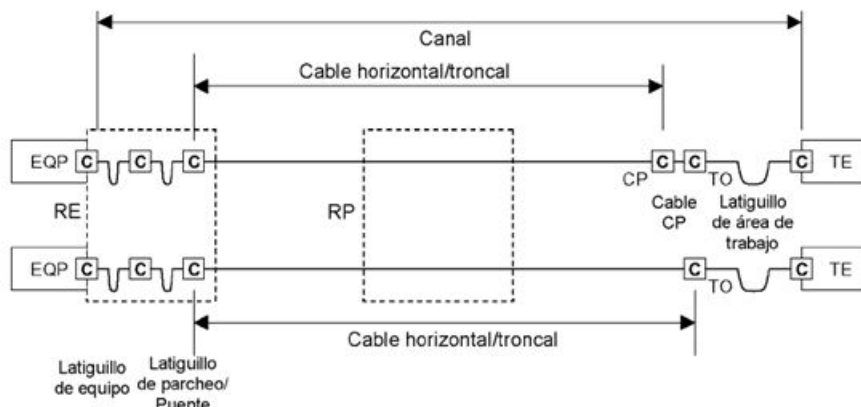


Figura 2.35: *Canal directo combinado*

En la figura 2.35 no se realiza ninguna conexión intermedia para conectar el subsistema de cableado troncal con el subsistema de cableado horizontal. Lo comentado para el primer diagrama referente a los equipos conectados en los canales es aplicable a este diagrama también.

Usar canales permanentemente empalmados y directos para reducir así la atenuación del canal y poder centralizar la distribución de las aplicaciones lleva consigo una reducción de la flexibilidad global del cableado genérico. Esto es porque la adaptación para una nueva aplicación puede implicar el cambio del canal completo.

A continuación, en la siguiente tabla podremos observar las ecuaciones empleadas para calcular la longitud total de un canal. Son útiles para poder adaptar las diferentes cantidades de conexiones acopladas y empalmes de los cables usados en un canal de una Clase determinada.

La tabla es la siguiente:

Categoría del cable de fibra óptica	Clase	Ecuaciones de implementación		Máxima longitud m
<b>Multimodo</b>		<b>850 nm</b>	<b>1 300 nm</b>	
OM1/OM2/OM3	OF-300	$L = 735 - 214 \times x - 90 \times y$	$L = 1300 - 500 \times x - 200 \times y$	300
	OF-500	$L = 935 - 214 \times x - 90 \times y$	$L = 1500 - 500 \times x - 200 \times y$	500
	OF-2000	$L = 2435 - 214 \times x - 90 \times y$	$L = 3000 - 500 \times x - 200 \times y$	2 000
<b>Monomodo</b>		<b>1 310 nm</b>	<b>1 550 nm</b>	
OS1	OF-300	$L = 1800 - 750 \times x - 300 \times y$	$L = 1800 - 750 \times x - 300 \times y$	300
	OF-500	$L = 2000 - 750 \times x - 300 \times y$	$L = 2000 - 750 \times x - 300 \times y$	500
	OF-2000	$L = 3500 - 750 \times x - 300 \times y$	$L = 3500 - 750 \times x - 300 \times y$	2 000
$L$ longitud del canal (m). $x$ número total de conexiones acopladas en el canal. $y$ número total de empalmes en el canal.				

Tabla 2.28: *Ecuaciones de longitud de configuración de canal para cableado de fibra óptica*



Decir que se pueden utilizar conexiones o empalmes adicionales si las máximas pérdidas de inserción del canal de la aplicación lo permiten.

### **Cableado Troncal**

Las implementaciones de referencia para el cableado de las Clases OF-300, OF-500 y OF-2000 podemos encontrarlas en el capítulo 2.4.4.

## **2.4.5 Requisitos de los cables**

### **Generalidades**

Este capítulo está centrado en aspectos relacionados con la fabricación de los cableados que compondrán el cableado troncal y el cableado horizontal de un sistema de cableado para oficinas. También es aplicable a la construcción de los cables flexibles, usados como latiguillos, que conectarán las estaciones de trabajo con las rosetas instaladas en las oficinas.

No nos centraremos ni entraremos en detalles en cuanto a la fabricación de los cables, ya que este es un tema que no nos compete. Sin embargo, sí comentaremos aspectos encaminados a los edificios que serán instalados en un edificio de oficina. Consideraremos que los cables que adquiramos vendrán prefabricados y habrán sido realizados siguiendo las normas pertinentes para su fabricación.

### **Entorno Operativo**

Teniendo en cuenta que existen los grupos M, I, C y E, la clasificación de un entorno dado debe determinarse teniendo en cuenta el parámetro más exigente del grupo M, I, C o E. A la hora de seleccionar los componentes, debemos basarnos en las exigencias específicas de cada uno de los parámetros del grupo M, I, C o E.

Hay que tener en cuenta que ni la conformidad con los límites y los métodos de análisis ni las especificaciones de producto referenciadas pueden garantizar las prestaciones cuando se vean sometidas simultáneamente a toda la gama de condiciones ambientales de una clasificación ambiental.

El proveedor debería indicar las prestaciones funcionales de mantenimiento bajo distintas combinaciones de condiciones ambientales. Cliente y proveedor deben de estar de acuerdo en que el producto mantiene las prestaciones funcionales cuando se le somete a combinaciones específicas de condiciones ambientales.

### **Cables balanceados de las Categorías 5,6 y 7**

El cableado balanceado que será empleado en un edificio de oficinas debe pertenecer a las categorías superiores 5, 6, y 7. No debemos entrar en más detalles, porque adquiriremos los cables ya fabricados. Como indique en el apartado anterior, es el proveedor el que debe proporcionar la información relacionada con el cableado adquirido, es decir, prestaciones, aplicaciones soportadas, entre otros.

Los cables que se conecten a más de una toma de telecomunicaciones deben cumplir los requisitos de transmisión del cable en cuestión.

Decir que los cables híbridos deben cumplir que el PSNEXT entre las unidades de cable o los elementos debe ser superior en 3 dB al NEXT par a par.

### Cables de fibra óptica

La fibra óptica que emplearemos para un edificio de oficinas estará prefabricada, por lo que no tendremos que tener en cuenta aspectos relacionados con su fabricación y será el proveedor de la fibra quien deberá proporcionar la información referente a estos aspectos. De los dos tipos de fibra óptica con núcleo y cubierta de silicio emplearemos la fibra multimodo, por varios motivos. Estos son:

- ✓ El sistema de cableado será diseñado para dos edificios de oficinas, unidos por la planta baja. Teniendo en cuenta la distancia que deberemos cablear con fibra óptica no sobrepasará los 100 metros, podemos salvarlas con fibra óptica multimodo.
- ✓ La fibra óptica multimodo permite diferentes diámetros de la onda, mientras que la fibra óptica monomodo sólo permite un único diámetro.
- ✓ Coste menor que fibra monomodo.

La fibra óptica que se empleará en un edificio de oficinas ha de fibra óptica de núcleo y cubierta de silicio de tipo multimodo. La Categoría de este tipo de fibra puede ser Categoría **OM1**, **OM2** u **OM3**. Se elegirá una u otra en función de las aplicaciones para las que se vayan a emplear. Se empleará guía de ondas de fibra óptica de índice gradual, con un diámetro nominal de 50/125  $\mu\text{m}$  o 62,5/125  $\mu\text{m}$  núcleo/cubierta que cumplan la Norma EN 60793-2-10:2004, fibra A1a, o la Norma EN 60793-2-10:2004, fibra A1b.

### Marcado

La categoría de la o las fibras ópticas del interior del cable debe aparecer en la cubierta del cable, para tener identificada cada fibra en cada momento.

### Retardo de propagación

Se puede usar el valor de conversión de retardo de propagación unitario de 5.00 ns/m para todas las Categorías de fibra. Este valor puede utilizarse para calcular el retardo de propagación de canal sin verificación.

#### 2.4.6 Requisitos del hardware de conexión en edificio de oficinas

##### Requisitos generales

En este Capítulo se van a definir los requisitos mínimos para el hardware de conexión instalados en los subsistemas de cableado genérico.

El hardware de conexión lo consideramos como un dispositivo o combinación de dispositivos usados para conectar cables o elementos de un cable. La Norma EN 50173-1 especifica las prestaciones mínimas del hardware de conexión acoplados como parte de un canal. Decir que esta Norma incluye información más destinada a la fabricación del hardware de conexión. Dicha información es irrelevante, ya que el hardware de conexión que utilizaremos estará prefabricado. Los requisitos de prestaciones no incluyen los efectos de los puentes o los latiguillos. Estos requisitos lo veremos en el *capítulo 7*.

Se debe poder proteger el hardware de conexión, mientras que no esté acoplado, para poder cumplir la clasificación ambiental que indicamos en el *capítulo 2*. La protección del hardware de conexión puede llevarse a cabo empleando diferentes elementos:

- Inserciones ciegas. Vease 2.36
- Tapas de protección. Vease 2.37
- Alojamiento globales de la conexión o de las conexiones.



Figura 2.36: *Inserciones ciegas*

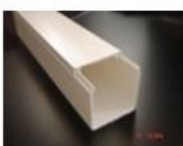


Figura 2.37: *Tapas de protección o regletas*

Si se da el caso de que una caja de protección impide la identificación del tipo de hardware de conexión, dicha caja debe marcarse convenientemente o bien identificarla con colores.

### Localización

El hardware de conexión se puede instalar en las siguientes ubicaciones:

- En repartidor de campus. Permite conexiones con cableado troncal de edificio, cableado troncal de campus y con el equipamiento, si se proporciona.
- En repartidor de edificio. Permite conexiones con cableado troncal y con el equipamiento, si se proporciona.
- En repartidor de planta. Permite conexiones cruzadas y conexiones con el equipamiento, si se proporciona.
- En acometida de acceso al edificio.
- Punto de consolidación.
- Toma de telecomunicaciones.

### Diseño

A parte del propósito principal del hardware de conexión, este debería diseñarse también para proporcionar:

- ✓ Medios para identificar el cableado para su instalación y administración. Ver Norma EN 50174-1.
- ✓ Medios para permitir la gestión ordenada del cable.
- ✓ Medios de acceder a monitorizar o verificar el cableado y los equipos activos.

- ✓ Protección contra daños físicos y paso de contaminantes que pueden afectar a sus prestaciones.
- ✓ Una densidad de terminación que sea eficiente especialmente. También debe facilitar la gestión del cable y la continua administración del sistema de cableado.
- ✓ Medios para llevar a cabo los requisitos de apantallamiento y puesta a tierra, si es necesario hacerlo.

Reordenar los pares en la toma de telecomunicaciones no debería implicar modificaciones de las terminaciones del cable. Si se lleva a cabo una reordenación de los pares en las TO, la configuración de las terminaciones de la toma debe identificarse claramente.

## Entorno Operativo

### *Generalidades*

Como ya hemos comentado anteriormente, para cada grupo M, I, C o E, la clasificación de un entorno dado debe determinarse por el parámetro más exigente del grupo M, I, C o E. En cambio, a la hora de seleccionar los componentes debemos basarnos en las exigencias específicas de cada uno de los parámetros del grupo M, I, C o E. Estas pueden ser menos severas que la clasificación general del grupo.

Decir que ni la conformidad con los límites y los métodos de análisis especificados en este capítulo, ni las especificaciones de producto referenciadas, pueden garantizar que las prestaciones cuando estén sometidas simultáneamente a toda la gama de condiciones ambientales de una clasificación ambiental.

El proveedor tendría que indicar las prestaciones funcionales de mantenimiento bajo diferentes combinaciones de condiciones ambientales en una de las clasificaciones de la tabla 2.10. Debe existir un acuerdo entre el cliente y el proveedor en que el producto mantiene prestaciones funcionales cuando se le somete a combinaciones específicas de condiciones ambientales.

### *Hardware de conexión para cableado balanceado*

El hardware de conexión para cableado balanceado debe cumplir los requisitos de prestaciones mecánicas y de transmisión de los apartados 2.4.6 y 2.4.6.

Dado que el hardware de conexión para cableado balanceado estará prefabricado, no es necesario tener en cuenta los requisitos de prestaciones mecánicas y eléctricas.

### *Hardware de conexión para cableado de fibra óptica*

Al igual que el cableado balanceado, el cableado de fibra óptica estará prefabricado, por lo que no es necesario tener en cuenta los requisitos de prestaciones mecánicas y eléctricas.

### *Montaje*

El hardware de conexión se debe diseñar para proporcionar flexibilidad de montajes en cajas. Véase la Norma EN 50174-1 para ver la descripción de las cajas.

### *Ejecución de la instalación*

La ejecución de instalación debería estar de acuerdo con las Normas EN 50174-1, EN 50174-2 y EN 50174-3.

### *Marcado y código de colores*

Para poder mantener conexiones punto a punto coherentes y correctas, se deben usar los medios necesarios para poder asegurar que las terminaciones de los cables están correctamente localizadas con respecto a las posiciones del conector y a sus elementos de cable. Los medios pueden ser hacer uso de colores, identificadores alfanuméricos u otros medios diseñados para asegurar que los cables están conectados coherentemente en todo el sistema. Para obtener más información referente a la identificación del cableado se puede hacer uso de la Norma EN 50174-1.

## Hardware de conexión de Categorías 5, 6, y 7 para cableado balanceado

### Requisitos generales

Para edificios de oficinas el cableado balanceado que a usar debe ser de Categoría 5, 6 o 7. En función de la Categoría empleada para el cableado se han de elegir un hardware de conexión u otro. A continuación, veremos algunos ejemplos de tipos de hardware de conexión que existen así como un esquema de estos, para que se pueda ver la distribución de pines.

### Características de hardware de conexión

El conector macho y hembra interconectables deben ser compatibles con aquellas Categorías de prestaciones inferiores. Las conexiones acopladas de machos y hembras de distintas Categorías deben cumplir con todos los requisitos del componente de Categoría inferior.

A continuación se presenta una tabla en la que se muestra la matriz de conectores modulares acoplados que es representativa de la conectividad compatible con la base instalada.

Tabla 2.29: *Matriz de compatibilidad*

Macho/latiguillo modular	Categoría del conector modular (TT)		
	Categoría 5	Categoría 6	Categoría 7
Categoría 5	Categoría 5	Categoría 5	Categoría 5
Categoría 6	Categoría 5	Categoría 6	Categoría 6
Categoría 7	Categoría 5	Categoría 6	Categoría 7

En esta tabla, 2.29, podemos ver que la Categoría del cableado de la toma de telecomunicaciones es compatible con la Categoría del cableado flexible usado como latiguillo. Hay que tener en cuenta que si a una toma de telecomunicaciones, con una determinada Categoría, se le conecta un latiguillo con una Categoría inferior, entonces la Categoría de la conexión será igual a la Categoría más baja de las dos. Esto lo podemos ver ilustrado en la tabla. Para un latiguillo de Categoría 5, que se conecta a una toma de telecomunicaciones de Categoría 6, entonces la conexión tendrá Categoría 5.

A continuación, veremos la distribución de pines empleados en los conectores usados para cableado de Categorías 5, 6 y 7. Vease figura 2.38, 2.39.

La asignación de los pines 3', 4', 5' y 6' para las Categorías 7 y BCT-B corresponden a 3, 4, 5 y 6 para las Categorías 5 y 6.

La asignación de pines y grupos de pares en función de la Norma EN 61076-3-104 se debe realizar como se indica en la figura 2.40. Esta figura ofrece una vista frontal de un conector.

A continuación, vamos a pasar a ver algunos ejemplos de conectores empleados con el cableado balanceado.

**Categoría 5 no apantallada:** Este tipo de conector se conoce como UTP, es decir, cable no apantallado.

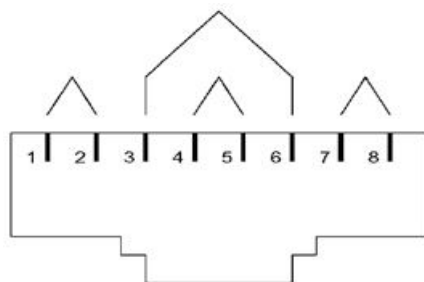


Figura 2.38: *Asignaciones pines y grupos de pares del hardware de conexión según Normas EN 60603-7, excepto EN 60603-7-7*

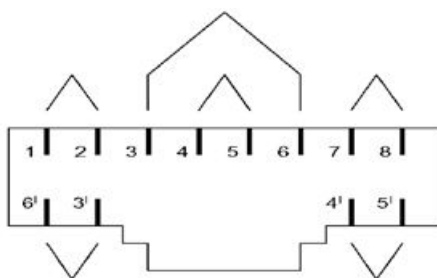


Figura 2.39: *Interfaz de acuerdo con la Norma EN 60603-7-7*

Un ejemplo de hardware de conexión para esta categoría es un RJ45. Véase figura 2.4.6.

**Categoría 5 apantallada:** Este tipo de conectores se conocen como conectores FTP. El cable, entre la funda de plástico y el conjunto de pares trenzados tiene una malla metálica. Mejora las comunicaciones, eliminando problemas como la distorsión y el ruido. Un ejemplo de hardware de conexión es un RJ 49. Véase figura 2.4.6.

**Categoría 7 y BCT-B:** Para esta Categoría la distribución de pines varía con respecto a los conectores para cableado de Categoría 5 y 6. Aun así, estos conectores son compatibles con cables de Categorías inferiores. Para estas categorías el hardware de conexión empleado es el GG45. Véase figura 2.4.6.

## Hardware de conexión de fibra óptica

### Fibra óptica de cubierta y núcleo de silicio

#### *Requisitos generales*

Los requisitos que vamos a ver en los apartados "*Marcado y código de colores*" y "*Hardware de conexión de fibra óptica*" son aplicables para todo el hardware de conexión que se utilice para proporcionar conexiones entre cables de fibra óptica. Estos requisitos serán aplicados para cualquier subsistema de cableado definidos en la serie de Normas EN 50173. Los puertos ópticos deben cumplir con los requisitos de seguridad de la Norma EN 60825-2.

El hardware de conexión para fibra óptica empleado para este proyecto estará prefabricado, por lo que todo lo relacionado con especificaciones ambientales, así como requisitos de especificaciones mecánicas o eléctricas deberemos obviarlos. Proveedor del hardware de conexión debería proporcionar la información necesaria.

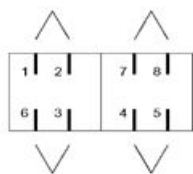


Figura 2.40: Asignaciones de pines y grupos de pares del hardware de conexión de acuerdo con la Norma EN 61076-3-104



Figura 2.41: Conector RJ45 cableado UTP

### *Marcado y código de colores*

Para evitar conexiones accidentales de diferentes tipos de fibra y/o categorías de fibra, se debería utilizar una codificación de adaptadores y conectores, por ejemplo diferenciados por colores. Hay que mantener una polaridad correcta de las conexiones dúplex de fibra óptica a través del sistema de cableado, utilizando enchavetado físico, etiquetado o ambos.

Cabe decir que algunas normas de hardware de conexión especifican los colores utilizados para diferenciar los tipos de productos. Podemos ver un ejemplo. La Norma IEC 60874-SC establece un código de colores que se aplica a los conectores SC dúplex. Este código es el siguiente:

- Fibra multimodo: Color beige o negro.
- Fibra monomodo (contacto físico, PC): azul.
- Fibra monomodo (contacto físico en ángulo): verde.

Decir que los marcados que se puedan añadir son opcionales, y no sustituyen a otros identificadores especificados en la Norma EN 50174-1 o aquellos requeridos por códigos o legislaciones locales.

### *Características hardware de conexión para fibra óptica*

Los cableados de fibra óptica empleado para edificio de oficinas deben de conectarse al cableado horizontal del edificio haciendo uso de un conector dúplex SC (SC-D). A continuación podemos observar algunos conectores de fibra óptica.

Podemos ver los conectores de fibra óptica existentes en la actualidad, incluyendo en esta figura el conector dúplex SC en la figura 2.44.

Para este proyecto, el cableado de fibra óptica será empleado principalmente para interconectar los repartidores de planta con el repartidor de edificio.



Figura 2.42: Conector RJ49 cableado FTP



Figura 2.43: Conector GG45 cableado Categoría 7

Cuando la alta densidad sea importante, se recomiendan los conectores SFF que disponen de dos fibras en el mismo espacio que un conector de la serie de Normas EN 60603-7.

### 2.4.7 Requisitos para latiguillos y puentes

#### Generalidades

Las prestaciones de los canales dependen de las prestaciones de los latiguillos y de los puentes. Los cambios, movimientos y ampliaciones que se hayan realizado utilizando latiguillos y puentes representan un riesgo mayor en las prestaciones operativas del canal que el de los cables horizontales o verticales instalados.

Decir que, aunque se usen cables y hardware de conexión apropiados para ser utilizados cuando se someten a ciertas condiciones ambientales no garantiza que los latiguillos cumplan las prestaciones de transmisión aplicables al someterse a las mismas condiciones ambientales.

Los conectores de equipos utilizados en los latiguillos quedan fuera del objeto y campo de aplicación de la Norma EN 50173-1.

#### Entorno operativo

Como ya hemos comentado anteriormente, para cada grupo M, I, C o E, la clasificación de un entorno dado debe determinarse por el parámetro más exigente del grupo M, I, C o E. En cambio, a la hora de seleccionar los componentes debemos basarnos en las exigencias específicas de cada uno de los parámetros del grupo M, I, C o E. Estas pueden ser menos severas que la clasificación general del grupo.

Decir que ni la conformidad con los límites y los métodos de análisis especificados en este capítulo,



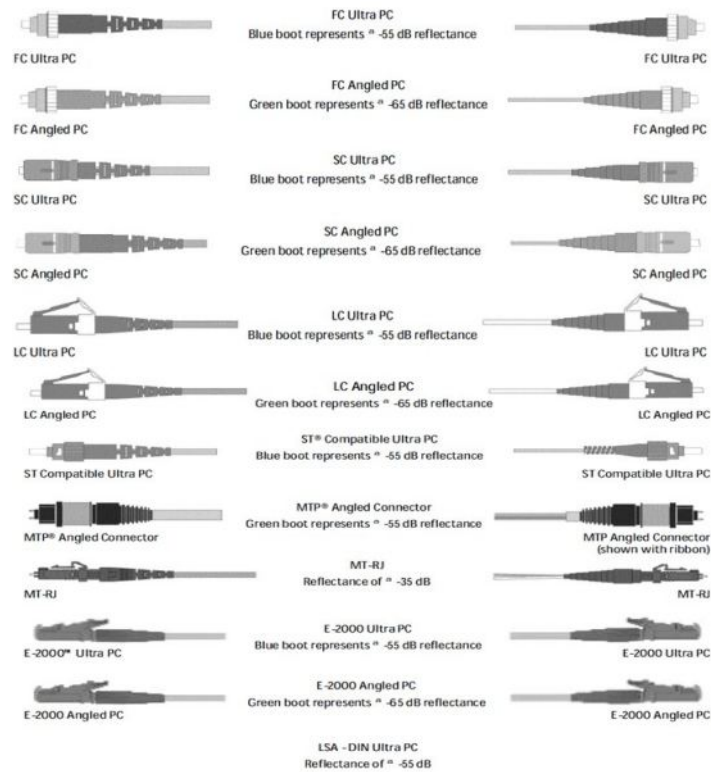


Figura 2.44: Conectores fibra óptica

ni las especificaciones de producto referenciadas, pueden garantizar que las prestaciones cuando estén sometidas simultáneamente a toda la gama de condiciones ambientales de una clasificación ambiental.

El proveedor debería indicar las prestaciones funcionales de mantenimiento bajo distintas combinaciones de condiciones ambientales. Cliente y proveedor deberán estar de acuerdo en que el producto mantiene prestaciones funcionales cuando se le somete a combinaciones específicas de condiciones ambientales.

## Latiguillos balanceados

### Generalidades

Los latiguillos de cableado balanceados que empleemos para conectar la estación de trabajo con la toma de telecomunicaciones deben ser de Categoría 5, 6 o 7. Los latiguillos usados para un área de trabajo deben ser montados solamente con cable flexible de construcción multifilar.

Para montar un latiguillo deberemos tener en cuenta el apartado 2.4.5.

Las conexiones y asignaciones de pines interconectados deben estar de acuerdo con el uso previsto de los latiguillos. Debe ser una extensión lógica del interfaz del cableado con la cual debe ser conectada.

### Identificación

Los latiguillos deben estar identificados de forma que se indique:

- ✓ La longitud.

- ✓ La relación de pérdidas de inserción del cable.
- ✓ La Categoría del cable.
- ✓ El mapa de pinaje cuando no exista una relación directa pin-a-pin. Un ejemplo de esto son los latiguillos cruzados.

### **Requisitos de prestaciones ambientales para latiguillos de parcheo**

Para los latiguillos de parcheo deben utilizarse cableado balanceado de Categoría 5, 6 o 7. Estos latiguillos estarán prefabricados, por lo que será el proveedor quien dé la información referente a las prestaciones ambientales.

### **Requisitos de prestaciones eléctricas para latiguillos de parcheo**

Será el proveedor el que se encargue de proporcionar la información necesaria referente a las pérdidas de inserción, pérdidas de retorno, pérdidas por paradiafonía (NEXT), entre otras.

## **Latiguillos de fibra óptica**

### **Requisitos generales**

En este apartado vamos a poder ver los requisitos mínimos para los latiguillos de fibra óptica usados para crear canales para edificio de oficinas.

Un latiguillo de fibra óptica ha de montarse de acuerdo con el apartado [2.4.5](#).

Los latiguillos de fibra óptica estarán prefabricados, por lo no tendremos problemas para ajustar el cable con el conector empleado.

Tanto las conexiones como los medios para mantener la polaridad deben estar de acuerdo con el uso previsto de los latiguillos.

### **Identificación**

Cada uno de los latiguillos de fibra óptica debe de estar identificados para indicar la siguiente información:

- ✓ Longitud.
- ✓ Diámetro del núcleo.
- ✓ Categoría del cable.
- ✓ El mapa de puertos cuando no existe una relación directa puerto-a-puerto. Esto se da con los latiguillos cruzados.

### **Requisitos de prestaciones ambientales para latiguillos de parcheo**

Los requisitos de las prestaciones de los latiguillos deben ser especificados bajo las clasificaciones ambientales de la tabla [2.10](#).

## **Latiguillos de fibra óptica de núcleo y cubierta de silicio**

Los latiguillos de fibra óptica de núcleo y cubierta de silicio están prefabricados, es decir, el cable adquirido como latiguillo de fibra óptica ya está fabricado y tiene el conector correspondiente.

El cable debe conectarse siguiendo los procedimientos y usando las herramientas oportunas para ello. Tanto el hardware de conexión como los medios para mantener la polaridad deben estar de acuerdo con el uso previsto para los latiguillos.

## Puentes

Vease [2.4.5](#).

### 2.4.8 Aplicaciones soportadas

#### Aplicaciones soportadas para cableado balanceados

En este podremos ver las aplicaciones soportadas por el cableado balanceado que ha sido especificado en los capítulos anteriores. Decir que las aplicaciones que se indiquen aquí puede ser que no sean todas las posibles y que se puedan soportar otras aplicaciones no mencionadas en este anexo.

Las aplicaciones de cableado balanceado están relacionadas con las Clases de prestaciones del canal, especificadas en el apartado [2.4.2](#) de este documento. El cableado genérico está diseñado para soportar transmisión óptica y eléctricamente balanceada.

En la tabla [2.30](#) podremos ver las aplicaciones ICT establecidas y emergentes, que están definidas por las especificaciones internacionales. Un ejemplo de esto son las Normas ISO/IEC.

En la tabla [2.31](#) podremos ver la asignación de pines correspondientes para cada una de las aplicaciones soportadas por el cableado balanceado, y que se muestra en la tabla [2.30](#).

#### Aplicaciones soportadas por el cableado de fibra óptica

En este anexo veremos las aplicaciones soportadas por el cableado de fibra óptica. Se pueden soportar otras aplicaciones que no están mencionadas.

Las aplicaciones de cableado de fibra óptica están relacionadas con las Clases de prestaciones del canal especificados en el apartado [2.4.2](#) de este resumen.

En la tabla [2.4.8](#) tenemos información detallada acerca de las longitudes máximas de canal soportadas por las aplicaciones genéricas para cada fibra óptica multimodo de núcleo y cubierta de silicio reconocida.

La tabla [2.4.8](#) contiene información sobre las longitudes máximas soportadas por las aplicaciones para centros de datos, usando fibra óptica multimodo.

La tabla [2.4.8](#) contiene información detallada acerca de las longitudes máximas de canal soportadas por las aplicaciones de control y monitorización de procesos para cada fibra óptica multimodo de núcleo y cubierta de silicio reconocida.

Tabla 2.30: Aplicaciones ICT soportadas que usan cableado balanceado

Aplicación	Especificación de Referencia	Fecha	Nombre adicional
<b>Clase A (definida hasta 100 kHz)</b>			
PBX	Requisitos Nacionales		
V.11	Rec. ITU-T V.11	1996	
X.21	Rec. ITU-T X.21	1992	
<b>Clase B (definida hasta 1 MHz)</b>			
S <sub>0</sub> -Bus (extendido)	Rec. ITU-T I.430	1993	RDSI Acceso Básico (Capa física)
S <sub>0</sub> Punto-a-Punto	Rec. ITU-T I.430	1993	RDSI Acceso Básico (Capa física)
S <sub>0</sub> en Estrella	Norma EN 50098-1 :1998/A1(ITU-T I.430)	2002	
S <sub>1</sub> /S <sub>2</sub>	Rec. ITU-T I.431	1993	RDSI Acceso Primario (Capa física)
<b>Clase C (definida hasta 16 MHz)</b>			
CSMA/CD 10Base-T	ISO/IEC 8802-3	1996	Ethernet
Token Ring 4 Mbit/s	ISO/IEC 8802-5	1998	
ATM LAN 25,60 Mbit/s	ATM Forum af-phy-0040.000	1995	ATM-25/Categoría 3
ATM LAN 51,84 Mbit/s	ATM Forum af-phy-0018.000	1994	ATM-52/Categoría 3
ATM LAN 155,52 Mbit/s	ATM Forum af-phy-0047.000	1995	ATM-155/Categoría 3
<b>Clase D (definida hasta 100 MHz)</b>			
CSMA/CD 100BASE-TX	ISO/IEC 8802-3	1997	Fast Ethernet
Token Ring 100 Mbit/s	ISO/IEC 8802-5	1999	Token Ring Alta velocidad
CSMA/CD 1000BASE-T	ISO/IEC 8802-3	1999	Gigabit Ethernet
Token Ring 16 Mbit/s	ISO/IEC 8802-5	1998	
ATM LAN 155,52 Mbit/s	MFA Forum af-phy-0015.000	1994	ATM-155/Categoría 5
Firewire 100 Mbit/s	IEEE 1394b	1999	Firewire/Categoría 5
<b>Clase E (definida hasta 250 MHz)</b>			
10GBASE-T <sup>a</sup>	IEEE 802.3an	2006	10 Gigabit Ethernet
ATM LAN 1,2 Gbit/s	MFA Forum af-phy-0162.000	2001	ATM-1200/Categoría 6
<b>Clase F (definida hasta 600 MHz)</b>			
10GBASE-T <sup>a</sup>	IEEE 802.3an	2006	10 Gigabit Ethernet
FC-100-TP	ISO/IEC 14165-114	2005	

<sup>a</sup> Se están especificando requisitos adicionales en Informe Técnico CLC/TR 50173-99-1.

Tabla 2.31: Asignación de pines del conector modular para aplicaciones ICT

Aplicación	Pines 1 y 2	Pines 3 y 6	Pines 4 y 5	Pines 7 y 8
<b>Aplicaciones Soportadas</b>				
PBX	Clase A <sup>a</sup>	Clase A <sup>a</sup>	Clase A	Clase A <sup>a</sup>
X.21		Clase A	Clase A	
V.11		Clase A	Clase A	
S <sub>0</sub> -Bus (extendido)	<sup>b</sup>	Clase B	Clase B	<sup>b</sup>
S <sub>0</sub> Punto-a-Punto	<sup>b</sup>	Clase B	Clase B	<sup>b</sup>
S <sub>1</sub> /S <sub>2</sub>	Clase B	<sup>c</sup>	Clase B	<sup>b</sup>
S <sub>0</sub> en Estrella	<sup>b</sup>	Clase B	Clase B	<sup>b</sup>
CSMA/CD 10BASE-T	Clase C	Clase C		
Token Ring 4 Mbit/s		Clase C	Clase C	
ATM-25,60 Categoría 3	Clase C			Clase C
ATM-51,84 Categoría 3	Clase C			Clase C
ATM-155,52 Categoría 3	Clase C			Clase C
Token Ring 16 Mbit/s		Clase D	Clase D	
Token Ring 100 Mbit/s		Clase D	Clase D	
ATM-155,52 Categoría 5	Clase D			Clase D
CSMA/CD 100BASE-TX	Clase D	Clase D		
CSMA/CD 1000BASE-T	Clase D	Clase D	Clase D	Clase D
Firewire 100 Mbit/s	Clase D			Clase D
10GBASE-T <sup>d</sup>	Clase E	Clase E	Clase E	Clase E
ATM-1200 Categoría 6	Clase E	Clase E	Clase E	Clase E
10GBASE-T <sup>d</sup>	Clase F	Clase F	Clase F	Clase F
FC-100-TP <sup>e</sup>	Clase F	Clase F	Clase F	Clase F
FC-100-TP <sup>f</sup>	Clase F			Clase F

<sup>a</sup> Opción que depende del suministrador.

<sup>b</sup> Fuentes de alimentación opcionales.

<sup>c</sup> Opción para continuidad de la pantalla del cable.

<sup>d</sup> Se están especificando requisitos adicionales en Informe Técnico CLC/TR 50173-99-1.

<sup>e</sup> Interfaz Tipo 1.

<sup>f</sup> Interfaz Tipo 2.

Tabla 2.32: Aplicaciones ICT genéricas soportadas y máximas longitudes de canal con fibras multimodo de núcleo y cubierta de silicio

Aplicación de red	$\lambda$ nm	Díam. núcleo $\mu\text{m}$	OM1			OM2			OM3		
			CIL <sup>a</sup> dB	L <sup>b</sup> m	Clase	CIL <sup>a</sup> dB	L <sup>b</sup> m	Clase	CIL <sup>a</sup> dB	L <sup>b</sup> m	Clase
ISO/IEC 8802-3: FIBRL	850	50	3,3	514	OF-500	3,3	514	OF-500	3,3	514	OF-500
		62,5	9,0	1 000	OF-500	9,0	1 000	OF-500	—	—	—
ISO/IEC 8802-3: 10GBASE-FL, FP y FB	850	50	6,8	2 000	OF-500	6,8	1 514	OF-500	6,8	1 514	OF-500
		62,5	12,5	1 857	OF-2000	12,5	2 000	OF-2000	—	—	—
ISO/IEC TR 11802-4: Token Ring (4 y 16 Mbit/s)	850	50	8,0	1 857	OF-500	8,0	1 857	OF-500	8,0	1 857	OF-500
		62,5	13,0	2 000	OF-2000	13,0	2 000	OF-2000	—	—	—
ATM a 51,84 Mbit/s	1 300	50	5,3	2 000	OF-2000	5,3	2 000	OF-2000	5,3	2 000	OF-2000
		62,5	10,0	2 000	OF-2000	10,0	2 000	OF-2000	—	—	—
ATM a 155,52 Mbit/s	850	50	7,2	1 000	OF-500	7,2	1 000	OF-500	7,2	1 000	OF-500
		62,5	7,2	1 000	OF-500	7,2	1 000	OF-500	—	—	—
	1 300	50	5,3	2 000	OF-2000	5,3	2 000	OF-2000	5,3	2 000	OF-2000
		62,5	10,0	2 000	OF-2000	10,0	2 000	OF-2000	—	—	—
ATM a 622,08 Mbit/s <sup>c</sup>	850	50	4,0	300	OF-300	4,0	300	OF-300	4,0	300	OF-300
		62,5	4,0	300	OF-300	4,0	300	OF-300	—	—	—
	1 300	50	2,0	330	OF-300	2,0	330	OF-300	2,0	330	OF-300
		62,5	6,0	500	OF-500	6,0	500	OF-500	—	—	—
DIS 14165-111: Fiber Channel (FC-PH) a 133 Mbit/s	1 300	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		62,5	6,0	1 500	OF-500	6,0	1 500	OF-500	6,0	1 500	OF-500
DIS 14165-111: Fiber Channel (FC-PH) a 266 Mbit/s	850	50	12,0	2 000	OF-2000	12,0	2 000	OF-200	12,0	2 000	OF-200
		62,5	12,0	700	OF-500	12,0	700	OF-500	—	—	—
	1 300	50	5,5	2 000	OF-2000	5,5	2 000	OF-2000	5,5	2 000	OF-2000
		62,5	6,0	1 500	OF-500	6,0	1 500	OF-500	—	—	—
DIS 14165-111: Fiber Channel (FC-PH) a 531 Mbit/s	850	50	8,0	1 000	OF-500	8,0	1 000	OF-500	8,0	1 000	OF-500
		62,5	8,0	350	OF-300	8,0	350	OF-300	—	—	—
DIS 14165-111: Fiber Channel (FC-PH) a 1062 Mbit/s <sup>c</sup>	850	50	4,0	500	OF-500	4,0	500	OF-500	4,0	500	OF-500
		62,5	4,0	300	OF-300	4,0	300	OF-300	—	—	—
ISO/IEC 8802-3: 1000BASE-SX <sup>a</sup>	850	50	—	—	—	3,56	550	OF-500	3,56	550	OF-500
		62,5	2,6	275	—	—	—	—	—	—	—
ISO/IEC 8802-3: 1000BASE-LX <sup>a</sup>	1 300	50	2,35	550	OF-500	2,35	550	OF-500	2,35	550	OF-500
		62,5	2,35	550	OF-500	2,35	550	OF-500	—	—	—
EN ISO/IEC 9314-3: FDDI PMD	1 300	50	6,3	2 000	OF-2000	6,3	2 000	OF-2000	6,3	2 000	OF-2000
		62,5	11,0	2 000	OF-2000	11,0	2 000	OF-2000	—	—	—
ISO/IEC 8802-3: 10GBASE-FX	1 300	50	6,3	2 000	OF-2000	6,3	2 000	OF-2000	6,3	2 000	OF-2000
		62,5	11,0	2 000	OF-2000	11,0	2 000	OF-2000	—	—	—
IEEE 802.3: 10GBASE-SR/SW	850	50	—	—	—	1,80	82	—	2,60	300	OF-300
		62,5	1,60	32	—	—	—	—	—	—	—
IEEE 802.3: 10GBASE-LX4 <sup>a</sup>	1 300	50	2,0	300	OF-300	2,0	300	OF-300	2,0	300	OF-300
		62,5	2,0	300	OF-300	2,0	300	OF-300	—	—	—

<sup>a</sup> CIL es la máxima pérdida de inserción del canal (o previsión de potencia óptica, si aplica) tal como se define en la norma de aplicación.

<sup>b</sup> L es el menor de:

- la máxima longitud del canal especificada en la norma de aplicación;
- la longitud calculada a partir del CIL considerando 1,5 dB correspondiente al hardware de conexión.

<sup>c</sup> Aplicación de ancho de banda limitado a la longitud de canal indicada. El uso de componentes de menor atenuación para crear canales que excedan la longitud indicada no pueden ser recomendados.



Tabla 2.33: Aplicaciones de centros de datos soportadas y máximas longitudes de canal con fibras multimodo de núcleo y cubierta de silicio

Aplicación de red	$\lambda$ nm	Diám. núcleo $\mu\text{m}$	OM1			OM2			OM3		
			CIL <sup>a</sup> dB	L <sup>b</sup> m	Clase	CIL <sup>a</sup> dB	L <sup>b</sup> m	Clase	CIL <sup>a</sup> dB	L <sup>b</sup> m	Clase
ESCON (SBCON) a 200 Mbit/s	1 300	50	8,0	2 000	OF-2000	8,0	2 000	OF-2000	8,0	2 000	OF-2000
		62,5	8,0	2 000	OF-2000	8,0	2 000	OF-2000	—	—	—
SYSPLEX TIMER (ETR/CLO) a 16 Mbit/s	1 300	50	8,0	2 000	OF-2000	8,0	2 000	OF-2000	8,0	2 000	OF-2000
		62,5	8,0	2 000	OF-2000	8,0	2 000	OF-2000	—	—	—
FICON (SX) 1,06 Gbit/s <sup>c</sup>	850	50	—	—	—	3,88	500	OF-500	3,88	500	OF-500
		62,5	2,8	250	OF-250	—	—	—	—	—	—
FICON Express2 (SX) 2,1 Gbit/s	850	50	—	—	—	2,78	300	OF-300	2,78	300	OF-300
		62,5	3,0	300	OF-300	—	—	—	—	—	—
FICON Express4 (SX) 4 Gbit/s	850	50	2,1	55	OF-50	—	—	—	—	—	—
		62,5	—	—	—	2,26	150	OF-100	2,26	150	OF-100
FICON (LX) 1,06 Gbit/s <sup>c</sup>	1 300	50	5,0	550	OF-500	5,0	550	OF-500	5,0	550	OF-500
		62,5	5,0	550	OF-500	5,0	550	OF-500	—	—	—
COUPLING LINK (ISC) a 531 Mbit/s	850	50	8,0	1 000	OF-500	8,0	1 000	OF-500	8,0	1 000	OF-500
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
COUPLING LINK (ISC) a 1,06 Gbit/s <sup>c</sup>	850	50	5,0	550	OF-500	5,0	550	OF-500	5,0	550	OF-500
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

<sup>a</sup> CIL es la máxima pérdida de inserción del canal (o previsión de potencia óptica, si aplica) tal como se define en la norma de aplicación.

<sup>b</sup> L es el menor de:

- la máxima longitud del canal especificada en la norma de aplicación;
- la longitud calculada a partir del CIL considerando 2,0 dB correspondiente al hardware de conexión.

<sup>c</sup> Aplicación de ancho de banda limitado a la longitud de canal indicada. El uso de componentes de menor atenuación para crear canales que excedan la longitud indicada no pueden ser recomendado.

Tabla 2.34: Aplicaciones de control y monitorización de procesos soportadas y máximas longitudes de canal con fibras multimodo de núcleo y cubierta de silicio

Aplicación de red	$\lambda$ nm	Diám. núcleo $\mu\text{m}$	OM1			OM2			OM3		
			CIL <sup>a</sup> dB	L <sup>b</sup> m	Clase	CIL <sup>a</sup> dB	L <sup>b</sup> m	Clase	CIL <sup>a</sup> dB	L <sup>b</sup> m	Clase
ControlNET	1 300	50	6,5	1 514	OF-500	6,5	1 514	OF-500	6,5	1 514	OF-500
		62,5	11,3	6 533	OF-2000	11,3	6 533	OF-2000	—	—	—

<sup>a</sup> CIL es la máxima pérdida de inserción del canal (o previsión de potencia óptica, si aplica) tal como se define en la norma de aplicación.

<sup>b</sup> L es el menor de:

- la máxima longitud del canal especificada en la norma de aplicación;
- la longitud calculada a partir del CIL considerando 1,5 dB correspondiente al hardware de conexión.

# Capítulo 3

## Planos

Los planos contendrán toda la información necesaria para la completa definición espacial y topológica de la instalación del sistema de cableado estructurado del edificio ZAL.

Para este proyecto de un sistema de cableado estructurado será necesario hacer elaborar una serie de planos, que permitirán, tanto al gerente del Edificio como aquellos que deban de llevar a cabo las obras civiles o la instalación del cableado, guiarse acerca de la ubicación de cada uno de estos componentes, necesarios para el sistema de cableado estructurado.

Todos los planos, especialmente los de trazado de cableados o de canalizaciones deben estar debidamente acotados y escalados.

Otros planos, como los de configuración de armarios, no requieren de escala, pero sí de la adecuada claridad para su comprensión.

También figurarán datos importantes, como fechas, leyendas y títulos.

Debe recordarse que los planos serán la guía principal para los instaladores y que cuanto más explícitos y claros sean, más facilitarán su labor y evitarán complicaciones y malentendidos.

Los planos que se han elaborado para este proyecto concreto que explican a continuación.

### 3.1 Planos puestos de trabajo, cuartos de equipo

Este plano contendrá la ubicación y distribución de los puestos de trabajo por cada una de las oficinas de trabajo de la Torre A y la Torre B del Edificio ZAL. También, este plano incluirá la ubicación de los cuartos de equipo necesarios construir, así como la ubicación de las aulas de aprendizaje y las salas de reuniones.

Podrá consultarse los planos de este tipo en el tomo II del proyecto.

### 3.2 Planos cableado, etiquetado y tomas de telecomunicaciones

Este segundo tipo de plano contendrá la ubicación de cada una de las cajas que albergan las dos tomas de telecomunicaciones. También, junto a cada una de las cajas se representará los dos cables que surgen de cada una de ellas y se conectan con un Repartidor de Planta. También, este tipo de plano contendrá el etiquetado de cada una de las tomas de telecomunicaciones, indicándose el rack y patch panel al que se conectan.

Para evitar obtener un plano muy sobrecargado y en el que no se aprecien los detalles referente a las tomas de telecomunicaciones y el cableado, no se representarán los puestos de trabajo.

En este plano también quedará representada cada una de los hilos de fibra óptica que conectan los equipos de cada Repartidor de Planta con el Repartidor de Edificio. Quedarán reflejados los patinillos interiores por los que se distribuyen el cableado.

Podrá consultarse los planos de este tipo en el tomo II del proyecto.



### 3.3 Planos con sistema de canalizaciones

Este tipo de plano contendrá representado todas las canaletas y bandejas que son necesarias emplear para instalar el cableado en el interior de la Torre A y la Torre B. También, se representarán los patinillos interiores.

Para evitar obtener un plano muy sobrecargado y en el que no se aprecien los detalles referente a las tomas de telecomunicaciones y el cableado, no se representarán los puestos de trabajo, ni las cajas con las tomas de telecomunicaciones y el cableado, tanto del subsistema de cableado horizontal como del subsistema de cableado vertical.

Podrá consultarse los planos de este tipo en el tomo II del proyecto.

### 3.4 Planos de distribución de rack

Para cada uno de los racks que se emplearán en el sistema de cableado estructurado del Edificio ZAL, se ha realizado un plano en el que se puede apreciar la distribución de todos y cada uno de los componentes que componen cada uno de los racks, pudiéndose seguir estos planos a la hora de instalar los equipos en el interior de los racks.

#### 3.4.1 Racks de Repartidor de Planta

Los racks empleados en los tres repartidores de planta existentes en el Edificio ZAL tendrán una distribución determinada, en función del número de tomas de telecomunicaciones a las que se le deba dar servicio. Para ver la explicación detallada del contenido de cada rack vease [4.9.2](#).

La distribución interna para cada uno de los racks ubicados en los repartidores de planta del Edificio ZAL podemos verla en las siguientes figuras.

#### Distribución Rack1

La distribución para el rack1, ubicado en el cuarto de equipos de la primera planta de la Torre B, podemos verla en la figura [3.1](#).

#### Distribución Rack2

La distribución para el rack2, ubicado en el cuarto de equipos de la segunda planta de la Torre A, podemos verla en la figura [3.2](#).

#### Distribución Rack3

La distribución para el rack3, ubicado en el cuarto de equipos de la quinta planta de la Torre A, podemos verla en la figura [3.3](#).

### 3.4.2 Rack de Repartidor de Edificio

El rack empleado en para el Repartidor de Edificio, ubicado en el Local 1 de la Planta Baja del Edificio ZAL, tendrán una distribución determinada, en función del número de tomas de telecomunicaciones a las que se le deba dar servicio. Para ver la explicación detallada del contenido de este rack vease [4.9.4](#).

La distribución interna para el rack4, ubicado en el cuarto de equipos de la Planta Baja de la Torre A, podemos verla en la figura [3.4](#).

## 3.5 Plano de topología lógica de red

En este plano se representará las diferentes capas que componen la topología lógica para el sistema de cableado estructurado del Edificio ZAL. Se podrá observar las dos capas existentes para la topología lógica. Éstas son, Capa de Acceso y Capa de Núcleo Colapsado.

En este plano se podrá ver cada una de las conexiones existentes entre los equipos terminales, en este caso los computadores de los trabajadores, con los switches de la Capa de Acceso, así como la conexión de éstos con los switches de la Capa de Núcleo Colapsado. Se podrá ver también la conexión de os switches de la Capa de Núcleo Colapsado con la red WAN, que proporcionará servicios, tales como Internet, correo electrónico, entre otros.

Vease [3.5](#).

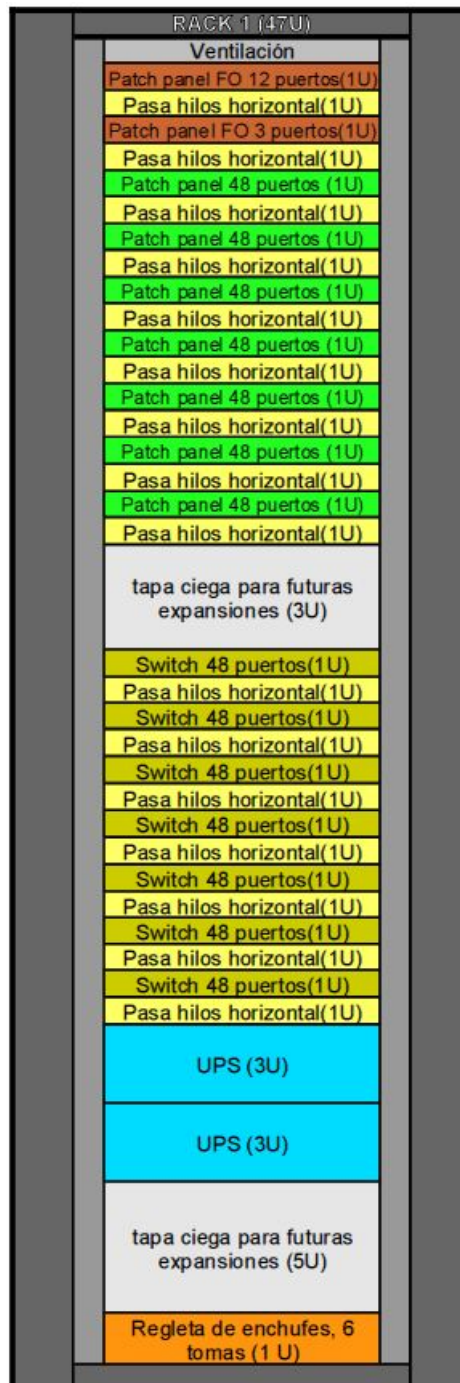


Figura 3.1: *Distribución interior rack1, Primera Planta, Torre B*

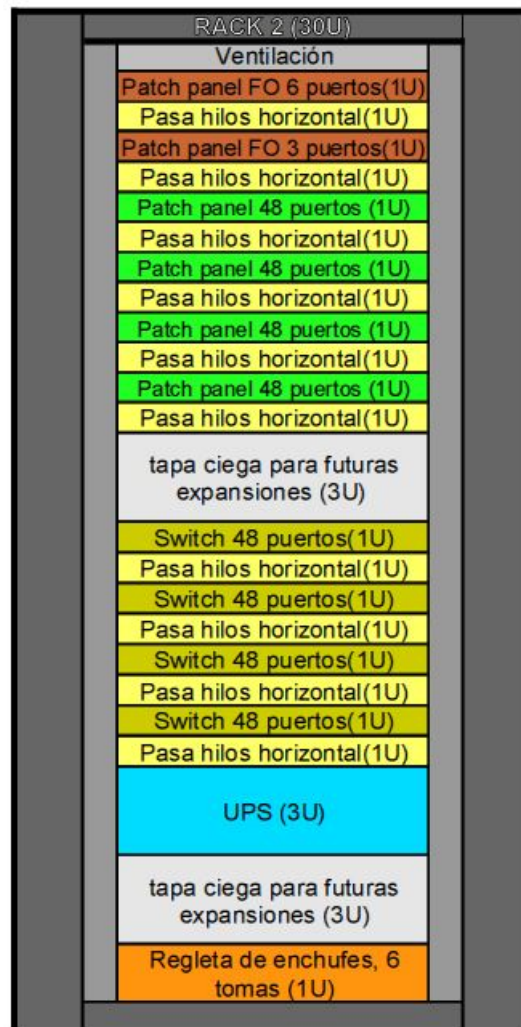


Figura 3.2: Distribución interior rack2, Quinta Planta, Torre A



Figura 3.3: Distribución interior rack3, Segunda Planta, Torre A

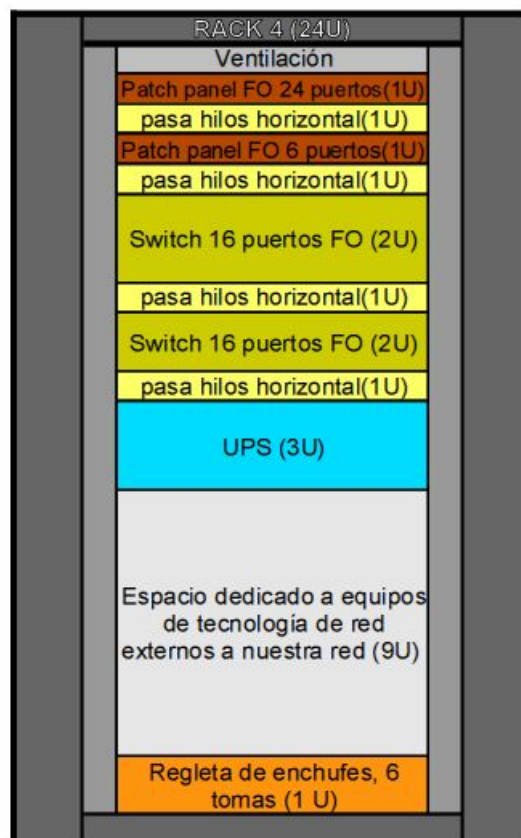


Figura 3.4: Distribución interior rack4, Planta Baja, Torre A

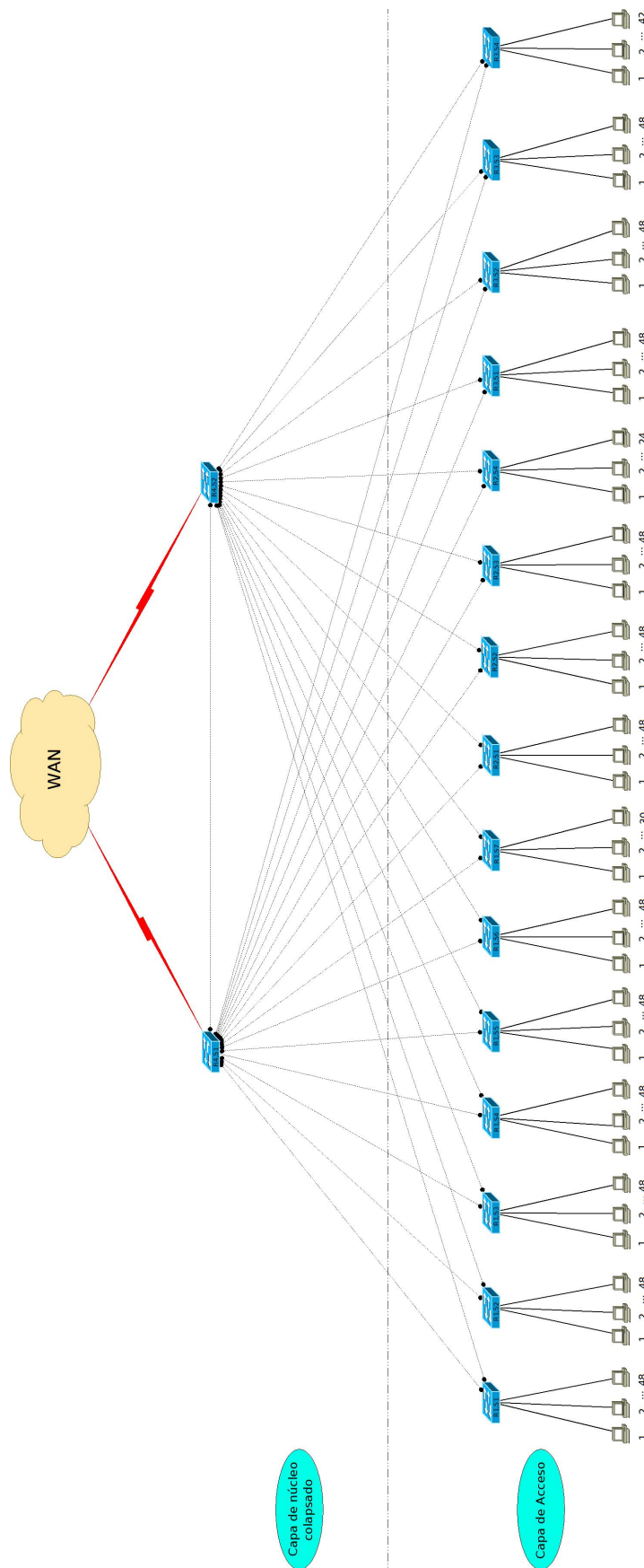


Figura 3.5: Plano topología lógica, Edificio ZAL

### 3.6 Plano de topología física de red

En este plano se representará la conexión física de los diferentes racks existentes, con el Repartidor de Edificio.

En este plano se podrá apreciar cómo está conectado físicamente cada uno de los equipos activos de red que albergan los racks, con los equipos activos de red que se encuentran en el Repartidor de Edificio. Indicar que el cableado que aparece representado en esta topología de red es cableado de fibra óptica. Las características de este cableado se verán en el apartado [4.5.1](#) del capítulo "*Pliego de Condiciones*",[4](#).







## Capítulo 4

# Pliego de condiciones

## 4.1 Introducción

Las comunicaciones de datos de las torres A y B que componen el edificio ZAL requieren una infraestructura física adecuada que permita el acceso de los usuarios a las redes de comunicaciones. Esta infraestructura debe de ser fácil de gestionar, flexible ante las ampliaciones y cambios que puedan surgir, preparada para las aplicaciones de comunicaciones presentes y futuras, e instalada según estándares y normativas que permitan asegurar la calidad y compatibilidad de las comunicaciones.

Como consecuencia, se plantea la necesidad de establecer una serie de directrices y normativas con el objeto de homogeneizar las infraestructuras de telecomunicaciones de la Torre A y B, respectivamente, desde el punto de vista del suministro, instalación y conservación de los cableados y de las canalizaciones destinadas a las comunicaciones.

## 4.2 Objeto

En el presente documento se recogen las condiciones técnicas de carácter general que han de cumplir las infraestructuras de cableado y canalizaciones destinadas a las comunicaciones de datos en la Torre A y B del edificio ZAL, así como las condiciones Económico-administrativas del mismo.

## 4.3 Finalidad y ámbito de aplicación

La finalidad del pliego de condiciones consiste en utilizarse como guía y normativa para el suministro, instalación y certificación de los componentes necesarios para las infraestructuras de comunicaciones de datos para la Torre A y B del edificio ZAL, por lo que a lo largo del mismo se expondrán las características técnicas, especificaciones, normativas, pruebas, canalizaciones y elementos complementarios de las infraestructuras de telecomunicaciones.

También, en el pliego de condiciones se recogerán las condiciones contractuales, comerciales y legales de aplicación en relación con el del proveedor/instalador, durante la ejecución del proyecto.

## 4.4 Normativa referenciada

La infraestructura de cableado de comunicaciones de datos cumplirá al menos las siguientes normativas:

### 4.4.1 Normativa de cableado estructurado genérico

Las normativas referenciadas para el cableado estructurado genérico han sido las siguientes:

- ✓ **UNE-EN 50173-1-2:2007:** conjunto de requerimientos para el diseño e instalación de infraestructuras de cableado de telecomunicaciones en edificios de oficinas. La última actualización de esta norma corresponde al año 2007.
- ✓ **UNE-EN 50174-1,2:** Guía de instalación de infraestructuras de cableado de telecomunicaciones.

- ✓ **UNE-EN 50346:2002**: Normativa de certificación y testeo de infraestructuras de cableado de telecomunicaciones.

#### 4.4.2 Normativa de canalizaciones

Las normativas referenciadas para las canalizaciones son las siguientes:

- ✓ **UNE-EN 50085-1**: Sistemas de canales para cables y sistemas de conductos cerrados de sección no circular para instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones.
- ✓ **UNE-EN 50086-1**: Sistemas de tubo para la conducción de cables de telecomunicaciones.
- ✓ **UNE-EN 61537**: Requisitos de seguridad para sistemas de bandejas, de soporte de cableado.

#### 4.4.3 Normativa sobre compatibilidad electromagnética(EMC)

La compatibilidad electromagnética persigue el doble objetivo de reducir la perturbación que genera un equipo, conocida como emisión electromagnética, y aumentar su protección frente a perturbaciones ajenas presentes en el medio, conocido como inmunidad. Existe una serie de normas que tratan estos aspectos y que han sido referenciadas. Éstas son:

- ✓ **UNE-EN 50081 (1994)**: Compatibilidad Electromagnética. Norma Genérica de Emisión.
- ✓ **UNE-EN 50082-1 (1994)**: Compatibilidad Electromagnética. Norma Genérica de Inmunidad.
- ✓ **UNE 20-726-91 (EN 55022)**: Límites y Métodos de Medida de las Características relativas a las perturbaciones radioeléctricas de los equipos de tecnologías de la información.
- ✓ **EN 55022** sobre Emisión de Radiaciones Electromagnéticas.
- ✓ **EN 55024** sobre Sensibilidad ante Radiaciones Electromagnéticas.
- ✓ **EN 55082** sobre Inmunidad ante Radiaciones Electromagnéticas.

#### 4.4.4 Normativa sobre protección contra incendios

Los siguientes estándares internacionales hacen referencia a la utilización de cables con cubierta retardante del fuego y escasa emisión de humos no tóxicos y libres de halógenos:

- ✓ **IEC 332**: Norma relativa a la propagación de la llama y retardo del fuego.
- ✓ **IEC 754**: Norma relativa a la emisión de gases tóxicos.
- ✓ **IEC 1034**: Norma relativa a la emisión de humos.
- ✓ **IEC 60332-1**: Norma relativa a la seguridad contra incendios.

Las canalizaciones han de cumplir la normativa de protección contra incendios **UNE 23727**: Norma relativa a la reacción al fuego de clase M1.

## 4.5 Descripción genérica

Las torres A y B del edificio ZAL son de nueva construcción, por lo que no disponen de una infraestructura propia de cableado estructurado para la transmisión de datos. El sistema de cableado estructurado que se implantará en dichas torres cumplirá la norma EN50173-1:2007, donde se recogen todos los parámetros y requerimientos de diseño, ejecución y certificación de cableado estructurado de edificios.

En cuanto a la categoría de cableado horizontal, todos los cables, conectores y paneles cumplirán la Categoría 6 sin apantallar, conformando enlaces y canales de Clase E donde se especifican las características de transmisión hasta 250 MHz.

En cuanto al cableado troncal de datos del Edificio ZAL se empleará fibra óptica multimodo de Categoría de cable OM3, Clase OF-300, con una longitud de onda de 850 nm y un diámetro de núcleo igual a 50  $\mu\text{m}$ .

### 4.5.1 Prescripciones técnicas de los materiales genéricos

Este apartado recogerá todos los requisitos técnicos mínimos que deberán cumplir los elementos y componentes que han sido referenciados en la Memoria y en los Planos de este proyecto y que constituyen la infraestructura de cableado de telecomunicaciones para facilitar su instalación, mantenimiento y conservación.

Indicar que una prescripción común a todos los cables y latiguillos, tanto de parcheo como de usuario, instalados para cada uno de los subsistemas de cableado, que compondrán el sistema de cableado estructurado del edificio ZAL, éstos dispondrán de cubierta retardante del fuego y escasa emisión de humos tóxicos y libres de halógenos. Para ello, se deberá presentar un certificado expedido por el fabricante relativo al cumplimiento de las normativas de protección contra incendios que cumplan los componentes del cableado a instalar.

#### Subsistema de cableado horizontal

El subsistema horizontal está formado por todos los elementos necesarios para la conexión de los puestos de trabajo con el repartidor de Planta.

Los componentes del cableado estructurado horizontal a implantar serán de Categoría 6, perteneciente a la Clase E, conformando enlaces y canales de esta clase donde se especifican las características de transmisión de hasta 250MHz, según las especificaciones de la norma EN 50173-1:2007. También, se implantarán conectores RJ45 de tomas de usuario y de paneles de parcheo, así como latiguillos de administración y latiguillos de usuario, ambos de Categoría 6.

El personal encargado de llevar a cabo la instalación del cableado deberá presentar un certificado expedido por el fabricante del cable y sus componentes, estando este certificado avalado por organismos independientes, en el que se indique expresamente el cumplimiento de la normativa vigente relativa a la Categoría 6 y a los enlaces de Clase E.

Es importante tener en cuenta que, con el fin de eliminar posibles problemas de interoperabilidad, se requiere que todos los elementos del canal de transmisión pertenezcan a un mismo fabricante.

#### *Cableado horizontal*

Tabla 4.1: Especificaciones técnicas cableado UTP, Cat.6

Parámetro	Valor
Pérdidas de retorno (dB)	8.0
Máxima pérdida de inserción (dB)	35.9
Mínimo NEXT (dB)	33.1
Mínimo PSNEXT (dB)	30.2
Mínimo ACR (dB)	-2.8
Mínimo PSACR (dB)	-5.8
Mínimo ELFEXT (dB)	15.3
Mínimo PSELFEXT (dB)	12.3
Máxima resistencia de bucle en c.c. ( $\Omega$ )	25.0
Máxima resistencia no balanceada en c.c.	3.0
Retardo de propagación ( $\mu$ s)	0.546

El cableado horizontal se extiende desde los paneles de parcheo del repartidor de Planta hasta la caja que alberga la toma de telecomunicaciones. Este cableado estará compuesto por cable de cobre de 4 pares trenzados balanceados de 100  $\Omega$  (ohmios) de tipo UTP (sin apantallar) de Categoría 6, que opera a frecuencias de hasta 250 MHz, según la especificación de la norma EN 50288-6-1. El cableado deberá cumplir los requerimientos mecánicos y eléctricos según la especificación genérica EN 50288-1.

En el edificio ZAL no existe situaciones en las que el cableado esté sometido a la acción de fuentes generadoras de importantes perturbaciones electromagnéticas, por lo que no se deberá emplear cableado STP (apantallado) de Categoría 6.

Las especificaciones técnicas para este cableado a una frecuencia de 250MHz pueden verse en la tabla 4.1.

### *Cajas de usuario*

Las tomas de telecomunicaciones se instalarán en cajas modulares de superficie para dos tomas RJ45 hembra cada una. Vease figura 4.1.



Figura 4.1: Caja doble de tomas de telecomunicaciones

Las cajas deberán disponer de marco y tapa modular para 2 tomas RJ45 hembra propias del fabricante de cableado horizontal y emplearán pestañas quitapolvos para la protección de las tomas. El color de estas cajas, así como de las tapas, será el blanco.

### *Tomas de telecomunicaciones*

Las tomas de telecomunicaciones en las que terminará el extremo del cable horizontal UTP serán de tipo RJ45 hembra y categoría 6, según especificación EN 60603-7-4.

La parte trasera del conector en la que se inserta el cable será de tipo IDC 110 y estará rotulada con el código de colores normalizado según EN 60603-7 opción B, cuyo código es equivalente al código EIA/TIA 568-B. Véase la figura 4.2.

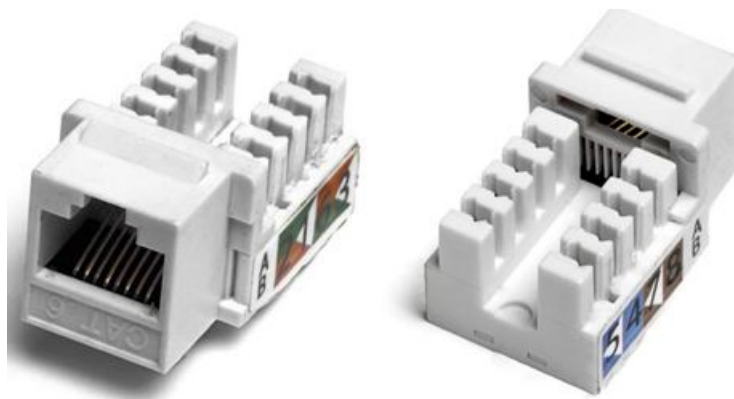


Figura 4.2: tomas de telecomunicaciones RJ 45, Categoría 6 e IDC 110

#### ***Latiguillos de usuario***

Los latiguillos de usuario estarán compuestos por cable de cobre de 4 pares trenzados balanceados de tipo UTP, terminados en conectores RJ45 machos y Categoría 6, debiendo cumplir la especificación EN 50288-6-2.

Las medidas estándar de los latiguillos a emplear serán de 1 metro, 2 metros, 3 metros y 5 metros.

#### ***Repartidores de Planta***

Los repartidores de Planta estarán constituidos por armarios o racks de 19". Los modelos de rack o armario que se emplearán son, básicamente, dos. Para el rack ubicado en el Repartidor de Planta de la Torre B, se empleará un rack de 47 U, quedándose 8 U libres para posibles expansiones futuras y teniendo ocupadas 39 Us.

Para cada uno de los dos Repartidores de Planta de la Torre A se empleará un rack de 30 U, quedándose 6 U libres para posibles expansiones futuras, teniendo ocupadas 24 U.

Ambos tipos de rack tendrán una profundidad de 600 mm, y un ancho de 800 mm. La altura del rack con 47 U es de 2208 mm. La altura del rack con 30 U es de 1452 mm. También, estos rack están provistos de puertas frontales metálicas con rejillas de ventilación y cerradura de seguridad, puerta trasera metálica, también con cerradura, y orificios de entrada de cables en parte superior e inferior, puertas laterales desmontables, una regleta de 6 enchufes de fuerza tipo schuko con interruptor, panel de ventilación y guías para cables verticales.



Figura 4.3: Regleta enchufes de fuerza tipo schuck con interruptor



Debido a que los armarios de red están ubicados en cuartos de equipos cerrados, dispondrán de puerta frontal de cristal transparente con juntas de goma y cerradura, así como ruedas dobles giratorias con freno. La parte de la puerta que cubre las guías pasacables verticales, así como donde se sitúa la cerradura será un listón metálico de  $2000mm \times 100mm$  (alto x ancho).

Las cerraduras de los armarios ubicados en una misma Torre, A o B, deberán abrirse con una misma llave maestra, debiéndose entregar un mínimo de 2 llaves por rack al gerente del edificio.

### **UPS**

Para asegurar el continuo funcionamiento de los equipos activos de red ubicados en los racks, aun cuando se produzcan caídas o pérdidas en el servicio eléctrico, es necesario hacer uso de sistemas que proporcionen corriente ininterrumpidamente. Para ello, he optado por incluir en el diseño de los racks para los diversos repartidores existentes en el Edificio ZAL equipos UPS que, mediante baterías, son capaces de mantener encendidos los equipos activos de red en caso de que se produzca un apagón inesperado, pudiéndose apagar éstos de manera controlada, evitando perdidas de información.

El modelo elegido para ser montado ha sido "**EATON 9135 UPS**". Este modelo dispone de 4 tomas de salida para poder conectar cuatro equipos activos. Ocupa 3U. Se incluye en el Anexo del proyecto la especificación para este equipo. Vease figura 4.4.



Figura 4.4: *Dos UPS EATON 9135 instaladas en rack*

### **Paneles de parcheo de cableado horizontal**

El cableado horizontal UTP procedente de las tomas de datos terminará en el repartidor de Planta en paneles de parcheo de 48 tomas RJ 45 hembra de Categoría 6, según especificación EN 60603-7-4. Ocupará 1U del armario de redes donde se ubiquen. Vease figura 4.5.

La parte trasera del conector en la que se inserta el cable será de tipo IDC 110 y estará rotulada con el código de colores normalizado según EN 60603-7 opción B, cuyo código es equivalente al código EIA/TIA 568-B.

### **Paneles de fibra óptica**

En el repartidor de Edificio se hará uso de un panel de fibra óptica para conectar la manguera de fibras multimodo procedentes de la troncal vertical. Este panel deberá de proporcionar conexión para los 30 hilos fibras ópticas procedentes de la manguera comentada anteriormente, que se agruparán en 15 conectores de fibra óptica, tipo LC. Se emplearán dos patch panel de fibra óptica, uno con 24



Figura 4.5: *Panel de parcheo, 48 puertos, Categoría 6*

conectores tipo SC y otro con 6 conectores SC. El espacio ocupado por cada panel en el interior del armario de redes será igual a 1U de altura. Estarán dotados de casete organizador y distribuidor de fibras.

Para el rack1 ubicado en el repartidor de Planta de la Torre B, se empleará un patch panel de fibra óptica con 12 puertos LC y otro patch panel de fibra óptica con 3 puertos LC. En los repartidores de Planta de la Torre A, los racks tendrán un patch panel de fibra óptica con 6 puertos LC y un patch de fibra óptica con 3 puertos LC.

Vease figura 4.6.



Figura 4.6: *patch panel de fibra óptica*

#### ***Guías pasa hilos horizontal***

Como forma de organización del cableado en el interior del armario de redes se hará uso de guías pasa cables horizontales de bridas verticales, de 1 U de altura. Vease figura 4.7.

Existirá una guía pasa cables horizontal por cada panel de parcheo RJ45. En los Repartidores de Planta se usará una guía pasa cable horizontal conjuntamente para distribuir el cableado de fibra óptica, en la parte superior del rack.

guiapasacables

#### ***Guías pasa hilos vertical***

Para organizar los latiguillos de parcho para la interconexión de los diferentes elementos contenidos en un armario de redes, se hará uso de guías pasa cables verticales. Por cada armario de red habrá 4 guías pasa cables verticales, dos ubicadas en la frontal del armario de redes y otras dos ubicadas en la



Figura 4.7: *Guía pasa hilos horizontal, 1U*

puerta trasera del armario.

Las guías empleadas variarán en base al modelo de armario que se emplee. Para el rack 1 se usará una guía pasa cables que cubra 47U, para los racks 2 y 3 se empleará una guía pasa cables que cubra 30U y para el rack 4 se empleará una guía pasa cables que cubra 24U. Vease figura 4.8.



Figura 4.8: *pasa hilos vertical para 47 U*

#### ***Latiguillos de parcheo, cableado UTP***

Los latiguillos de parcheo que se van a utilizar para conectar los paneles de datos con la electrónica de red, estarán compuestos por cable de cobre de 4 pares trenzados balanceados de tipo UTP. Éstos estarán terminados en conectores RJ45 machos de Categoría 6, debiendo cumplir la especificación EN 50288-6-2.

Las medidas estándar de los latiguillos de parcheo que se van a emplear serán de 1 metro y 2 metros.

#### ***Latiguillos de parcheo, fibra óptica***

Cada uno de los switches de capa de acceso ubicados en cada uno de los repartidores de Planta existentes en el edificio ZAL se conectará a la vertical de fibra óptica mediante un latiguillo de fibra óptica multimodo, Categoría OM3, Clase OF-300, terminados éstos en conectores LC macho en ambos extremos.

Tabla 4.2: *Especificaciones técnicas cableado Fibra óptica, Categoría OM3*

Parámetro	Valor
Número de fibras	6
Atenuación máxima a 850 nm(dB)	2.25
Ancho de banda mínimo MHz/km a 850 nm	$\geq 1500$
Número de fibras	2
Perdidas de inserción a 850 nm (dB)	$< 0.3$
Índice de refracción	1.482

### Subsistema vertical

El cableado del subsistema vertical interconecta el repartidor de Edificio con cada uno de los repartidores de Planta según una topología en estrella, en el que el centro de esta topología se encuentra el repartidor de Edificio.

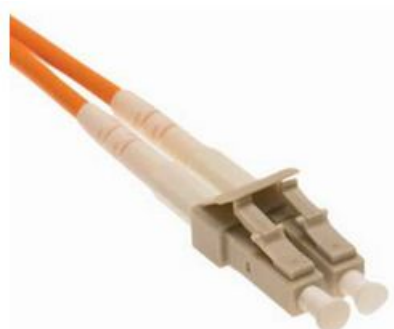
#### *Cableado vertical*

El cableado vertical que se empleará para el sistema de cableado estructurado del Edificio ZAL será cableado de fibra óptica multimodo, Categoría OM3 y Clase OF-300, con longitud de onda igual a 850nm y un diámetro de núcleo igual a 50  $\mu\text{m}$ .

Para el subsistema de cableado vertical se empleará conectores tipo LC/PC para los switches pertenecientes a la capa de acceso y conectores tipo SC para los switches pertenecientes a la capa de núcleo colapsado.

El cableado de fibra óptica multimodo empleado tiene las características recogidas en la tabla 4.2.

Cada uno de los switches ubicados en la capa de acceso se conectará con dos switches, ubicados en la capa de núcleo colapsado, para conseguir redundancia y seguridad en las comunicaciones. Debido a que la fibra óptica necesita dos hilos, uno para cada sentido, como existen 15 switches en la capa de acceso, la manguera de cableado vertical que llegará al Repartidor de Edificio será de 30 hilos de fibra óptica multimodo, Categoría OM3 y Clase OF300, longitud de onda de 850 nm y tamaño de núcleo de 50  $\mu\text{m}$ . Estos 30 hilos se agruparán en 15 pares de fibra óptica, cada par procedente de cada uno de los switches existentes en la capa de acceso. Vease figura 4.9.

Figura 4.9: *Conector LC macho*

En el Repartidor de Edificio se emplearán latiguillos de fibra óptica Categoría OM3, Clase OF-300, con longitud de onda de 850 nm y tamaño de núcleo de 50  $\mu\text{m}$ . Para conectar los switches de la capa de núcleo colapsado con el patch de fibra óptica se emplean conectores SC macho. Se sigue la

especificación EN 60793-2-10:2002-A1b. Vease figura 4.10.



Figura 4.10: Conector SC macho

### *Cableado vertical*

El repartidor de Edificio estará formado, como mínimo, por un armario rack de 19". Este armario tiene de dimensiones  $2000mm \times 800mm \times 800mm$  (alto x ancho x fondo), con 42 U, provisto de puertas de cristal y cerradura de seguridad, puerta trasera metálica también con cerradura y orificios de entrada de cables en parte superior e inferior, puertas laterales desmontables, regletas de 8 enchufes de fuerza tipo schuko con interruptor luminoso y magneto térmico, kit de ventilación, guías pasa cables verticales y ruedas dobles giratorias con freno.

Este armario alberga la bandeja de fibra conectada a las mangueras de fibra óptica multimodo vertical de datos que constituyen el cableado vertical de datos. Se empleará un patch de fibra óptica con 24 puertos SC y otro patch panel de fibra óptica con 6 puertos SC. Los conectores multimodo de fibra óptica serán de tipo SC hembra y de ellos saldrán latiguillos de fibra óptica Categoría OM3, Clase OF-300, acabados en conectores SC machos, que se conectarán a cada switch de la capa de núcleo colapsado. En caso de que en un futuro este patch panel se quede corto, se podrá sustituir por otro con una mayor densidad de puertos. Vease figura 4.11.



Figura 4.11: Patch panel fibra óptica 24 puertos

El electricista se encargará de conectar cada armario que exista en este repartidor a la toma de tierra independiente.

### *Canalizaciones interiores*

Las canalizaciones a emplear en el interior de los edificios para la distribución y protección del cableado de telecomunicaciones serán principalmente las siguientes:

- ✓ Bandejas de PVC.
- ✓ Canaletas y molduras de PVC.
- ✓ Ángulos exteriores.
- ✓ Ángulos interiores.

✓ Tubos.

### ***Bandejas de metal***

Las bandejas de metal se utilizarán para la distribución del cableado horizontal por zonas comunes del edificio, como son los pasillos de cada planta de las torres A y B. También, se utilizará para distribuir el cableado troncal vertical desde el repartidor de Planta de la Torre B hasta el repartidor de Edificio, ubicado en la Torre A.

Preferentemente se utilizarán bandejas perforadas con soporte horizontal de fijación sobre soporte vertical suspendido del techo. Los soportes se instalarán cada 1.5 metros como máximo.

Para la instalación de bandejas en posición vertical se utilizarán soportes de tipo horizontal, en forma de puente.

Las bandejas se suministrarán con tapas, accesorios de unión y fijación y complementos propios para el correcto acabado de las instalaciones de bandejas, como curvas preformadas de diferentes ángulos, cambios de nivel con inclinación de 45°, entre otros.

Vease figura 4.12.



Figura 4.12: *Bandeja empleada para el subsistema de cableado horizontal*

Las características técnicas de las bandejas serán las indicadas a continuación:

- ✓ El material será acero galvanizado con pintura epoxy gris (no inflamable, según UNE 23727:1990).
- ✓ El comportamiento frente al fuego será de tipo I1 (reacción al fuego, según NF F 16-101 1988) y F4 (opacidad y toxicidad de humos).
- ✓ Dispondrán de los laterales conformados, de manera que permitan el cierre a presión de la cubierta. Las paredes serán macizas.
- ✓ Presentarán una superficie sin fisuras y con color uniforme. Los extremos finalizarán con un corte perpendicular al eje y sin rebabas.
- ✓ La unión entre tramos será de espesor igual o superior al de las bandejas a unir y dichas uniones tendrán taladros longitudinales para absorber dilataciones.

- ✓ Las bandejas serán aislantes y no precisarán de puesta a tierra.
- ✓ Serán capaces de soportar una temperatura de servicio desde  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $+60^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Soportarán los ambientes húmedos, salinos y químicamente agresivos de acuerdo con lo indicado en la norma DIN 8061 respecto al comportamiento del PVC rígido.
- ✓ La protección mínima contra daños mecánicos será de 20 Julios.
- ✓ Superarán el ensayo del hilo incandescente a  $960^{\circ}\text{C}$ , sin que se produzca inflamación.
- ✓ Los soportes empleados serán soportes horizontales aislantes, atornillados al techo.

Las bandejas a emplear serán de  $150\text{mm} \times 30\text{mm} \times 60\text{mm}$  (largo x ancho x alto). Representadas en planos por el color rojo.

El sistema de bandejas, forma por las bandejas y los soportes, deberán soportar sin rotura una carga de 2 veces su carga admisible.

### *Canaletas de PVC*

Las canaletas de PVC se utilizarán para la distribución del cableado horizontal en el interior de las oficinas de trabajo hasta las cajas de tomas que alberguen la toma de telecomunicaciones. Vease figura 4.13.

Se utilizarán preferentemente canaletas de color blanco, que presenten la posibilidad de instalar al menos un tabique separador de cableas y puentes para sujeción de los cables.

Las canaletas se suministrarán con tapas, accesorios de unión y fijación a pared.

Será necesario adquirir elementos de acabado, tales como ángulos interiores, ángulos exteriores, derivaciones, entre otros.



Figura 4.13: *Canaleta empleada en las oficinas*

- ✓ El material será PVC rígido M1 (no inflamable, según UNE 23727:1990).
- ✓ El comportamiento frente al fuego será de tipo II1 (reacción al fuego, según NF F 16-101 1988) y F4 (opacidad y toxicidad de humos).
- ✓ Dispondrán de los laterales conformados, de manera que permitan el cierre a presión de las tapas. Podrán disponer de separadores interiores de cables.
- ✓ Las paredes serán macizas y estarán provistas de tapa desmontable con la ayuda de un útil.
- ✓ Tendrá soporte para cableado balanceado de Categoría 6.

- ✓ Presentarán una superficie sin fisuras y con color uniforme. Los extremos finalizarán con un corte perpendicular al eje y sin rebabas.
- ✓ Las canaletas serán aislantes y no precisarán de puesta a tierra.
- ✓ Serán capaces de soportar una temperatura de servicio desde  $-15^{\circ}\text{C}$  a  $+60^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Soportarán los ambientes húmedos, salinos y químicamente agresivos de acuerdo con lo indicado en la norma DIN 8061 respecto al comportamiento del PVC rígido.
- ✓ La protección mínima contra daños mecánicos será de 6 Julios para canaletas y 2 Julios para molduras.
- ✓ Los perfiles superarán el ensayo del hilo incandescente a  $960^{\circ}\text{C}$ , sin que se produzca inflamación.

Las canaletas que se emplearán tendrán  $30\text{mm} \times 60\text{mm}$  (ancho x alto).

## 4.6 Condiciones de ejecución

En el diseño constructivo de un edificio en el que se va a implantar un sistema de cableado estructurado deben tenerse en cuenta las necesidades de espacio, el dimensionado y el recorrido de las instalaciones propias del edificio, como puede ser calefacción, electricidad, agua, entre otros.

En particular, para la infraestructura de cableado de telecomunicaciones debe preverse al menos lo siguiente:

- ✓ Los espacios destinados a albergar los distribuidores de cableado y de equipos de telecomunicaciones.
- ✓ Las vías de comunicación entre los Distribuidores de Planta y el Distribuidor Principal de Edificio.
- ✓ El recorrido más adecuado de las canalizaciones que soportarán el cableado, para facilitar la instalación y el mantenimiento posterior de la misma.
- ✓ Las ubicaciones de las cajas que albergarán las tomas de telecomunicaciones de datos de los usuarios.
- ✓ El dimensionado completo de la infraestructura de cableado estructurado.

### 4.6.1 Diagrama de tareas. Fases de ejecución

Se entregará un diagrama de implantación detallado, en el que se incluirá un diagrama de Gantt o cronograma, especificándose claramente las diferentes fases y actividades del proyecto, indicándose su duración, las fechas de inicio y fin de las mismas, las áreas de trabajo y los perfiles de trabajo a emplear en cada fase del proyecto.

El proyecto de un sistema de cableado estructurado llevado a cabo para el Edificio ZAL, bajo encargo del gerente de dicho edificio, está constituido por una serie de tareas y fases necesarias e importantes realizar para la realización de éste.



### Fase inicial

La fase inicial se corresponde con la primera toma de contacto que tiene el ingeniero, director del proyecto al que se le ha encargado el proyecto de cableado, con el cliente que ha llevado a cabo dicho encargo. Para este proyecto, el cliente se corresponde con el gerente del Edificio ZAL.

El ingeniero tendrá una primera entrevista con dicha persona, donde se expondrán las necesidades a cubrir por parte del sistema de cableado estructurado a instalar en el edificio. También, se indicarán aspectos varios, como son las aplicaciones para las que el sistema de cableado estructurado deberá dar soporte, las limitaciones existentes en el edificio, entre otras. El gerente del edificio facilitará al ingeniero los planos de las torres A y B, sobre los que el ingeniero podrá diseñar el sistema de cableado estructurado.

Tras la primera entrevista con el gerente, se llevará a cabo una segunda entrevista dividida en dos fases.

La primera fase se corresponderá con una entrevista entre el director del proyecto y los representantes de cada grupo de trabajadores que trabajarán en el Edificio ZAL. A raíz de esta primera fase, el director del proyecto podrá conocer las necesidades de los trabajadores, así como las aplicaciones que éstos emplearán para cada una de las funciones que llevan a cabo en su trabajo. Gracias a este encuentro, el director del proyecto podrá conocer los requisitos existentes y llevar a cabo un diseño acorde a las necesidades existentes.

La segunda fase, se corresponderá con una entrevista con el gerente del edificio, en la que se expondrá problemas iniciales existentes en el Edificio ZAL para poder llevar a cabo la implantación del sistema de cableado estructurado. Se expondrán las soluciones que solventarían estos problemas. El cliente es el que tendría la última palabra para determinar si las soluciones ofrecidas por el director del proyecto se pueden llevar a cabo o no. Con esta segunda fase, el director del proyecto podrá continuar con el diseño del sistema de cableado estructurado para el Edificio ZAL.

A partir de la información recogida en esta fase, el ingeniero podrá dar comienzo al resto de fases que más abajo se explican.

### Fase de diseño

Una vez llevada a cabo las entrevistas necesarias con el gerente del Edificio ZAL y habiendo entendido las necesidades a cubrir con el sistema de cableado estructurado a desarrollar, la primera fase a realizar es la de diseño. Debido a que, a priori, no existe una idea clara de cómo estarán distribuidos los puestos de trabajo en el interior de las oficinas de ambas torres, será necesario comenzar llevando a cabo el diseño de la ubicación de los puestos de trabajo, en base a las descripciones realizadas por el gerente del edificio.

Una vez llevado a cabo el diseño de los puestos de trabajo, se debe realizar el planteamiento referente al número de tomas de telecomunicaciones que debe de asignarse a cada puesto de trabajo, pensando en futuras ampliaciones.

La siguiente tarea a realizar dentro de esta fase se corresponde con la ubicación del repartidor de Planta. Es necesario determinar si, en el interior de ambas torres, existen espacios habilitados para este fin. En ninguna de estas torres existe un cuarto de equipos que cumpla las condiciones necesarias para albergar este tipo de instalación. Por ello, será necesario llevar a cabo la construcción de un cuarto de equipos. La ubicación de este cuarto estará condicionada a la ubicación de los patinillos interiores destinados para cableado de telecomunicaciones. En la Torre A, el patinillo interior pasa por las oficinas Ai02, siendo  $i=1, 2, 3, 4, 5, 6$ . En la Torre B, el patinillo interior pasa por las oficinas Bj05,

siendo  $j=1, 2$ . En cuanto al repartidor de Edificio, éste será ubicado en la planta Baja de la Torre A, ya que se dispone de mayor espacio para albergar un cuarto de equipos con mayor espacio.

La siguiente tarea a realizar consiste en diseñar las canalizaciones empleadas para distribuir el cableado desde el repartidor de Planta a la toma de telecomunicaciones ubicadas en las distintas oficinas, así como las canalizaciones empleadas para distribuir el cableado troncal vertical del edificio, encargado de interconectar los repartidores de Planta con el repartidor de Edificio.

Una tarea más a realizar en esta fase se corresponde con el diseño de los planos que representarán la distribución de la toma de telecomunicaciones, así como la ubicación de los repartidores de Planta y el repartidor de Edificio y también las canalizaciones empleadas para la distribución del cableado. También, se realizarán planos de la distribución interior de los armarios de redes, para saber cómo distribuir y dónde ubicar los componentes de éstos a la hora de instalarlos.

Habiendo diseñado los puestos de trabajo se puede determinar el diseño de los armarios de red empleados en cada uno de los subsistemas, subsistema horizontal y subsistema vertical. Es por ello que en esta fase se lleva a cabo los esquemas de ocupación de los armarios, indicando expresamente el número de Us ocupadas por cada uno de componentes dentro de cada armario.

En esta fase también se llevará a cabo la elección de los equipos activos de la red a implantar en el edificio. Para este proyecto, solo será necesario llevar a cabo un estudio de conmutadores de red, elegidos en base a las necesidades que se planteen en el modelo jerárquico de red que se empleará.

En esta fase se determina el esquema topológico del subsistema horizontal y vertical. Decir que, tanto el subsistema horizontal como vertical presentan un esquema topológico físico en estrella físico. Para el subsistema horizontal, los Repartidores de Planta serán los nodos centrales de la topología en estrella, mientras que los diferentes puestos de trabajo serán los diferentes nodos conectados con cada Repartidor de Planta. En el subsistema de cableado Vertical, el Repartidor de Edificio es el nodo central de la topología en estrella, mientras que los diferentes Repartidores de Planta son los nodos extremos de la topología en estrella. Vease esquema de topología física, 3.6.

En cuanto a la topología lógica para el sistema de cableado estructurado del Edificio ZAL será una topología en árbol o jerárquica, siendo el nodo raíz del árbol los equipos activos de red, en este caso, los switches de la capa de Núcleo Colapsado. Los nodos del árbol serán los equipos ubicados en la Capa de Acceso. Vease esquema lógico, 3.5.

En base a las aplicaciones que necesitan los trabajadores del edificio ZAL se determinará la tecnología de red a emplear. Esto condicionará la elección del tipo de cableado, tanto horizontal como troncal vertical, a emplear. Las tomas de telecomunicaciones, latiguillos de parcheo, paneles de parcheo y conmutadores de red se decidirán en base al tipo de cableado a emplear.

Por último, en esta fase se realiza un resumen de elementos totales a implantar: número de armarios de red, número de cajas de tomas de telecomunicaciones, número y tipo de tomas de telecomunicaciones, canalizaciones que serán necesarias, tipo de cableado a emplear para el subsistema de cableado horizontal y vertical.

### **Fase de confirmación de diseño**

Esta fase se llevará a cabo una vez que el ingeniero haya realizado el diseño del sistema de cableado estructurado.

Se realizará una entrevista con el gerente del Edificio ZAL, en la que se le expondrá al mismo el diseño llevado a cabo por el director de la obra, el ingeniero. El gerente estudiará el diseño y confirmará su

conformidad con el mismo al director del proyecto, o pedirá aclaraciones sobre aspectos que considere dudosos o se escapen de sus conocimientos.

Una vez que el gerente del edificio ha dado su visto bueno, el director del proyecto podrá continuar con la realización del mismo.

### Fase de obra civil

Una vez que se ha llevado a cabo el diseño pertinente para el sistema de cableado estructurado del Edificio ZAL es necesario llevar a cabo la fase conocida como "*obra civil*". Esta fase comprende la realización de todas aquellas tareas necesarias llevar a cabo para una correcta implantación en el edificio del sistema de cableado estructurado que ha sido diseñado en la fase anterior.

Debido a la inexistencia en ninguna de las dos torres de un espacio adecuado para la instalación de los dos tipos de repartidores existentes para el sistema de cableado estructurado diseñado, repartidor de Planta y repartidor de Edificio, será necesario realizar trabajos de albañilería destinados a la construcción de los locales de equipos necesarios. Por ello, será necesario subcontratar a una empresa de albañilería, especializada en llevar a cabo este tipo de obras. Se contratarán una cuadrilla formada por tres profesionales en el sector. El cuarto de equipos cumplirá con todas las medidas de seguridad necesarias para este tipo de local. También, se llevará a cabo la preinstalación del sistema de ventilación, no realizándose la instalación del mismo, simplemente las canalizaciones y conductos de ventilación.

Dentro de esta fase también se recoge la tarea de llevar a cabo la instalación de todo el sistema de canalizaciones, a través del cual se podrá distribuir el cableado horizontal y vertical. Para el cableado troncal vertical, distribuido entre plantas, se hará uso de los patinillos interiores, construidos durante la construcción del edificio. Debido a que en los pasillos de cada una de las plantas el cableado será distribuido por bandejas cubiertas por falsos techos, será necesario llevar a cabo la instalación de los sistemas de sujeción, encargados de soportar el peso de las bandejas empleadas. Este trabajo será llevado a cabo por la misma empresa de albañilería subcontratada para llevar a cabo la construcción de los cuartos de equipos.

### Fase de distribución del cableado

La siguiente fase a realizar consistiría en la distribución del cableado de telecomunicaciones empleado en el sistema de cableado estructurado, tanto cableado horizontal como vertical. Para llevar a cabo esta fase es necesario la subcontratación de una empresa de electricidad que será la encargada de, basándose en el diseño del sistema de cableado realizado previamente, distribuir el cableado por ambas torres. El profesional que lleve a cabo esta actividad ha de tener experiencia en la distribución e instalación del cableado de telecomunicaciones. Para realizar una correcta instalación, el electricista deberá seguir cada una de las pautas de distribución indicadas en el apartado 4.7. Como mínimo será necesario contratar a 3 electricistas cualificados, pudiéndose agilizar el trabajo a realizar.

Una vez que se ha llevado la distribución del cableado de red, tanto de pares trenzados como de fibra óptica, se procederá al crimpado del cableado de pares trenzados con conectores RJ 45. Para ello, será necesario que se emplee las herramientas adecuadas para realizar esta tarea de forma satisfactoria, sin afectar ni dañar el cableado.

El equipo de electricistas también se encargará de llevar a cabo la preparación del cableado de fibra óptica a emplear para la conexión de los diferentes Repartidores de Planta con el Repartidor de Edificio, instalando los conectores de fibra óptica necesarios. Deben encargarse de que la instalación de fibra

óptica, así como de los conectores en los extremos de ésta, se realicen de forma que el cableado de fibra óptica sufra lo menos posible, evitando dañar a éste.

La siguiente tarea a realizar es el etiquetado de cada uno de los cables de datos, tanto del subsistema de cableado horizontal como del vertical.

Por último, se procederá a la instalación de las cajas de tomas, así como de las rosetas, en cada una de las tomas de telecomunicaciones ubicadas en los puestos de trabajo de las oficinas existentes en la Torre A y B del Edificio ZAL.

El electricista llevará a cabo comprobaciones sobre el cableado para verificar que éste se encuentra en perfecto estado y en condiciones para, en primer lugar, ser certificado y en segundo lugar, ser empleado para soportar las transmisiones de datos llevadas a cabo por la red diseñada para el Edificio ZAL.

### **Fase de certificación**

Una vez que se ha llevado a cabo la instalación y comprobación del cableado, se procede a la subcontratación de certificador oficial, encargado de llevar a cabo la certificación del cableado instalado en la fase de distribución de cableado de cobre y de fibra óptica, realizada por personal electricista cualificado.

En base a los resultados obtenidos tras las pruebas de certificación se podrá comprobar si el sistema de cableado estructurado instalado es apto para ser usado en la nueva red del Edificio ZAL o, de lo contrario, es no apto, siendo necesario llevar a cabo cualquier tipo de modificación o sustitución.

Tras la certificación se genera un informe, que es entregado al gerente del edificio, pudiendo éste verificar la corrección del diseño e instalación llevada a cabo.

### **Fase instalación de equipos activos de red**

En esta última fase del proyecto se procede a la instalación de los equipos activos de red elegidos para la nueva red del Edificio ZAL. Para llevar a cabo la instalación de los equipos, se seguirá los planos de armarios de red realizados en la fase de diseño para los dos repartidores que existirán en este sistema de cableado estructurado, de Planta y de Edificio.

### **Fase final del proyecto**

Una vez realizadas cada una de las fases explicadas anteriormente se podrá dar por concluido el proyecto del sistema de cableado estructurado. Se citará al gerente del Edificio ZAL para hacerle entrega de toda la documentación referente al proyecto.

Una vez finalizada esta fase se podrá dar por concluido el proyecto de cableado estructurado.

#### **4.6.2 Planificación temporal fases**

Cada una de las fases desarrolladas en el apartado anterior tiene un tiempo de realización asociado.

Para la **fase inicial**, se ha estipulado dos días de reuniones con el gerente del Edificio ZAL. Si, tanto el gerente de dicho edificio como el ingeniero encargado de dirigir el proyecto, necesitarán prolongar este

período de tiempo se podría llevar a cabo dicha expansión temporal, ya que es preferible comenzar el resto de fases teniendo lo suficientemente claro qué es lo que el sistema de cableado estructurado debe satisfacer. El primer día la reunión será entre el gerente del Edificio ZAL y el director del proyecto. El segundo día, la reunión se llevará a cabo en dos fases: una primera fase entre el director del proyecto y los representantes de los trabajadores del Edificio ZAL. Una segunda fase, entre el director del proyecto y el gerente del edificio.

Para la **fase de diseño**, el tiempo previsto de realización de la misma es de veinte días laborales, teniendo en cuenta los posibles retrasos que puedan surgir, debido a aspectos que se deban de modificar por desacuerdo del gerente del Edificio ZAL.

Para la **fase de confirmación de diseño**, el tiempo previsto para que ésta se lleve a cabo es de 10 días laborales, ya que el gerente del Edificio ZAL deberá de revisar minuciosamente todos los aspectos referentes al diseño llevado a cabo por el ingeniero encargado del proyecto, comunicando a éste aquellos aspectos con los que no esté de acuerdo o conforme, teniendo el ingeniero que realizar las modificaciones pertinentes, volviendo a presentar el diseño al gerente. Este proceso se repetirá hasta que el gerente del edificio esté conforme con el diseño realizado.

Para la **fase de obra civil**, teniendo en cuenta las construcciones que son necesarias realizar, cuatro cuartos de equipos, más la instalación de todo el sistema de canalizaciones por ambas torres, el tiempo previsto para llevar a cabo esta fase es de un 30 días laborales, no incluyéndose en los días de realización del proyecto posibles fiestas o impedimentos de fuerza mayor para la realización de dicho trabajo.

Para la **fase de distribución del cableado**, se lleva a cabo en dos fases. Una primera para la distribución del cableado balanceado, empleándose 10 días, y una segunda fase para la distribución del cableado de fibra óptica, empleándose 10 días.

Para la **fase de certificación**, como es necesario realizar la certificación roseta a roseta y cada una de éstas contiene dos tomas de telecomunicaciones, así como una certificación del Back-Bone y una certificación final, habrá que certificar un número elevado de tomas de telecomunicaciones, un número en torno a 500 tomas. Por ello, se empleará un total de 10 días laborales.

Para la **fase de instalación de equipos** se empleará dos días laborales, ya que el número de equipos activos de red a instalar son reducidos, un total 16 equipos activos de red. Se empleará un día laboral para la realización de esta fase.

Para la **fase de conexión de latiguillos de parcheo** se emplearán cuatro días laborales.

Para la **fase final del proyecto** se empleará un día laboral.

Considerar que todas las duraciones han sido consideradas por alto, con la finalidad de que sean finalizadas en un plazo de tiempo menor.

En base a la planificación temporal realizada para cada una de las fases a realizar, el tiempo de finalización de este proyecto de diseño e implantación de sistema de cableado estructurado para el Edificio ZAL es de 2 meses y 3 semanas y media.

A continuación, podremos ver un diagrama de Gantt en el que se aprecia la distribución temporal del trabajo a realizar, explicado en el apartado anterior.

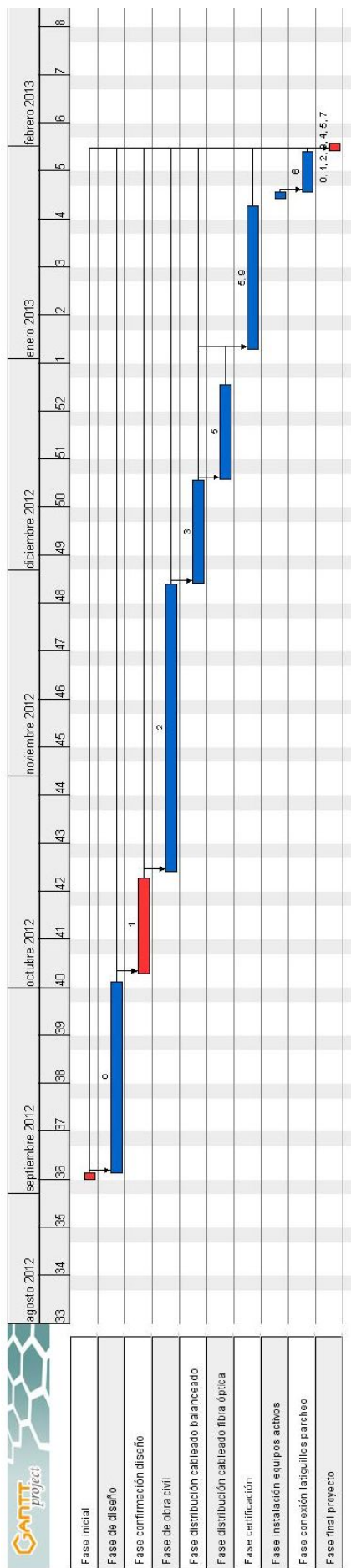


Figura 4.14: Diagrama Gantt, proyecto de cableado estructurado, Edificio ZAL

Decir que en el diagrama anterior, las tareas cuyo rectángulo es rojo indican las tareas críticas del proyecto, aquellas necesarias para la realización del proyecto y que pueden determinar la realización de éste de una manera u otra.

Para ver una información más detallada del proyecto, vease el anexo [B](#).

### 4.6.3 Dirección de obra y ejecución material

La dirección de obra se encargará de dirigir, controlar y supervisar toda la ejecución material de la instalación del sistema de cableado según lo previsto en el Pliego de Condiciones, realizando las modificaciones necesarias para subsanar los imprevistos que durante la instalación puedan aparecer, de acuerdo con el responsable del proyecto y siempre manteniendo la fidelidad al mismo y a las normativas vigentes.

Las principales funciones del director de obra serán las siguientes:

- ✓ Desarrollo de los procedimientos de ejecuciones definidos en el apartado correspondiente dentro del Pliego de Condiciones.
- ✓ Elaboración de planes y órdenes de trabajo. Secuenciamiento de operaciones.
- ✓ Puesta en marcha y pruebas iniciales.
- ✓ Seguimiento de los trabajos y recepción de la obra.
- ✓ Control del cumplimiento de la normativa sobre Seguridad e Higiene durante los trabajos.
- ✓ Aceptación o denegación de las partes terminadas de la instalación.
- ✓ Pruebas finales antes de certificación.

### 4.6.4 Alcance del suministro de materiales y servicios

El alcance del suministro de materiales y servicios mostrará en forma de tabla los elementos y unidades de obra a emplear para la completa implantación de la infraestructura de cableado.

### 4.6.5 Descripción y características de los materiales

Se incluirá la descripción detallada de los materiales, con sus especificaciones funcionales y características técnicas, subrayando expresamente el cumplimiento de las especificaciones técnicas.

Como Anexo a la documentación se añadirán los catálogos de los productos ofrecidos.

### 4.6.6 Planos de la instalación

En los planos constructivos del Edificio ZAL se dibujará la ubicación de los repartidores, tanto de Planta como de Edificio, la ubicación e identificación de los puestos de trabajo, así como las canalizaciones para el tendido del nuevo cableado.

Se proporcionará una leyenda para cada uno de los planos, donde se explicará la simbología utilizada.

#### 4.6.7 Condiciones de obra civil

En este apartado se recogen todos aquellos requerimientos relativos a la instalación y/o disponibilidad de canalizaciones que sean necesarios para cumplir con los objetivos del cableado, en particular con los relativos a posibles cambios y aplicaciones.

##### Requisitos de seguridad

Deberán tomarse medidas que aseguren que todas las personas que visiten los inmuebles son conscientes de:

- ✓ La localización y límites de las áreas peligrosas.
- ✓ Los métodos a adoptar cuando se trabaje dentro o en la proximidad a estas áreas peligrosas.
- ✓ Las precauciones contra incendios.
- ✓ Las vías de escape.

En lo referente a los choques eléctricos, los equipos activos que se conecten al cableado de tecnología de la información deben ser aquellos equipos que incorporen un circuito de señal seguro que cumpla con el circuito de MBTS y con los requisitos TNV definidos en la Norma EN 60950. Los equipos conectados deben cumplir los requisitos de protección contra choque eléctrico de las normas de seguridad del producto. La conexión de los equipos activos al cableado de tecnología de la información no debería introducir riesgos de seguridad para otros usuarios del sistema.

En cuanto a los componentes de cableado, los sistemas de conducción conductores, barreras y accesorios deberán incluirse en las medidas de protección contra contactos indirectos. Se deberán aplicar los requisitos contenidos en los Documentos de Armonización HD 384.4.41 S2, HD 384.4.47 S2 y HD 384.4.482 S1 y los pertinentes reglamentos nacionales y locales.

En lo referente al riesgo de fuego y riesgo químico, la selección de los cables deberá estar basada en los requisitos de las pertinentes normas de producto europeas.

En lo referente a los gases explosivos y asfixiantes, las baterías con ácidos de plomo producen hidrógeno y oxígeno. Si se van a instalar baterías que producen gases explosivos se deberán tomar las medidas oportunas en cuanto a ventilación necesaria y condiciones ambientales recomendadas.

En lo referente a los riegos de la fibra óptica, será necesario adoptar los siguientes métodos:

- ✓ Los extremos no protegidos de fibra óptica expuestas deberán mantenerse alejados de la piel y los ojos.
- ✓ Se minimizarán la cantidad de sobrantes de fibra óptica.
- ✓ Los fragmentos de sobrantes deberán tratarse con cuidado, recogerse y depositarse en contenedores adecuados por medio de una agencia de recogida.
- ✓ Los conectores terminales, las fibras ópticas preparadas o las fibras ópticas fracturadas no deberán mirarse directamente a menos que la potencia emitida por la fibra óptica sea conocida como segura.



Los cables metálicos de tecnología de la información y cables de la red de alimentación se encuentran distribuidos por vías separadas. Es por ello que no será necesario aplicar requisitos de separación para cableado metálico.

### Espacios para distribuidores

Los distribuidores de cableado que existirán en el edificio ZAL serán distribuidores de planta y un distribuidor de edificio, en el que se encontrará la acometida de acceso al edificio, para poder conectar la red que será implantada en dicho edificio con la red WAN exterior. En estos distribuidores habrá físicamente uno o varios armarios de unas características determinadas en los que se instalarán los siguientes elementos:

- ✓ Bandejas de fibra óptica para cableado troncal de edificio.
- ✓ Paneles de parcheo para cableado horizontal de datos.
- ✓ Conmutadores de red para las comunicaciones de datos.
- ✓ Guías para cables horizontales y verticales para distribución de los latiguillos de parcheo.
- ✓ Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS o SAI).
- ✓ Regleta de enchufes de corriente eléctrica.

Como criterio general para minimizar el espacio requerido se utilizará un único armario con todos los componentes indicados anteriormente, siempre y cuando se cumplan los requisitos de espacio libre para futuras ampliaciones.

Los Distribuidores, una vez que se hayan instalado todos los elementos previstos, han de tener al menos un 15% de espacio libre para futuras ampliaciones. Si no se cumple esta condición, se deberá de instalar armarios adicionales.

Las dimensiones más habituales de los armarios a emplear serán de dos tipos:

- Armario rack de 19", de dimensiones 2000mmx800mmx800mm (alto x ancho x fondo).
- Armario rack de 19", de dimensiones 2000mmx800mmx600mm (alto x ancho x fondo).

En lo referente al espacio, los distribuidores deberán ubicarse en cuartos de equipos donde las dimensiones sean las adecuadas para posibilitar el trabajo de instalación y mantenimiento de los mismos. Deberán situarse de forma que se permita el acceso y estar provistos de iluminación y condiciones de temperatura adecuadas para permitir la instalación y utilización del equipo y cableado que contengan. El diseño e instalación de los elementos eléctricos para garantizar una correcta alimentación de los equipos de red necesarios queda fuera del alcance de este proyecto. Los requisitos que se deben cumplir son:

- ✓ El mínimo espacio libre de obstáculos frente a todas las caras de acceso a los bastidores y armarios deberá ser de 1.2 metros.
- ✓ Los puntos de conexión se deberán colocar a una altura de trabajo segura que permita realizar mediciones, reparaciones y cambios en la configuración.

- ✓ Los puntos de conexión se deberán colocar a una altura que evite la penetración de polvo, fluidos u otros agentes contaminantes.
- ✓ Ventilación natural directa o forzada, con el objeto de mantener unas condiciones ambientales de temperatura entre 18°C y 30°C y humedad relativa entre 30% y 55% (diseño e instalación fuera del alcance de este proyecto).
- ✓ Luminarias para proporcionar una luminosidad de, al menos, 300 lux.

En cuanto al diseño, dimensiones y espacios libres de los armarios, se debe garantizar que:

- ✓ Se tienen en cuenta los requisitos de las Normas EN 50174-2 y EN 50174-3 en relación a la separación entre cableado de energía y de tecnología de la información.
- ✓ La cantidad inicial de cables permite mantener el radio mínimo de curvatura especificado por el proveedor o por la norma aplicable.
- ✓ Se pueden instalar cables adicionales con posterioridad, manteniendo el radio mínimo de curvatura especificado por el proveedor o por la norma aplicable. Cuando múltiples tipos de cables, deberá aplicarse el mayor de los radios mínimos de curvatura.
- ✓ Se proporcionan los espacios de reservar para la administración de los cables y latiguillos instalados.

El diseño de los armarios y bastidores deberá permitir administrar eficazmente los latiguillos y cables de equipos.

Se debe planear la disposición de los bastidores para garantizar que:

- ✓ Se minimiza la longitud de los latiguillos y cables de equipos.
- ✓ Se simplifica el encaminamiento de los latiguillos y cables de equipos, reduciendo el riesgo de dañarlos.
- ✓ Se pueden cumplir los requisitos de instalación de cable incluyendo.
  - Radio mínimo de curvatura.
  - Tensión de tracción.
  - Compresión y cizallamientos accidentales.
- ✓ Se destina un espacio adecuado para el encaminamiento de cables verticales y horizontales y se emplean los accesorios correctos para organizar y administrar con eficacia los diferentes tipos de cables.
- ✓ Se prevé el espacio adecuado para el almacenamiento de cables sin obstruir el acceso a otros puntos de terminación.

En cuanto al entorno físico y ambiental, los bastidores y armarios deben proporcionar al equipamiento el nivel de protección física y ambiental que estos precisen.

En cuanto al entorno electromagnético, los bastidores y armarios deberán emplazarse de forma que se minimicen las perturbaciones electromagnéticas.

***Repartidores de planta en un cableado genérico***

Un repartidor de planta comprende cierto número de armarios o bastidores que dan servicio a una o más áreas o zonas del edificio. Cada zona del edificio contiene cierto número de tomas de telecomunicaciones. En el caso del edificio ZAL, un repartidor de planta da servicio a varias plantas, manteniéndose las restricciones de longitud del cableado recogidas en la Norma EN 50173. Estas restricciones de distancia recogida en la Norma EN 50173 limitan la complejidad de los grupos de bastidores o armarios y el número máximo de tomas de telecomunicaciones de una zona. Para el proyecto de cableado estructurado llevado a cabo para el edificio ZAL existe una flexibilidad considerable a la hora de distribuir las tomas de telecomunicaciones por las diversas oficinas existentes en la Torre A y en la Torre B, ya que la distancia desde dichas oficinas hasta los repartidores de planta no superan los 100 metros.

Las zonas a las que da servicio cada repartidor de planta deberían estar divididas en subzonas, cada una de las cuales ha de estar conectada al repartidor mediante un mazo de cables. Cada uno de estos mazos debería de originarse en un solo elemento o armario. Con en el enfoque modular se:

- ✓ Garantiza una disposición lógica de las tomas de telecomunicaciones del repartidor de planta.
- ✓ Ayuda en la instalación y administración del cableado.
- ✓ Simplifica el acceso a las cajas durante las reparaciones o cambios de configuración.

El cableado en un sistema genérico de troncal debería revisarse de forma periódica para determinar si se precisan cables adicionales conforme crecen las aplicaciones con el paso del tiempo.

Se debe tener en cuenta qué cableado flexible se emplea en los repartidores, ya que pueden reducir la capacidad del cableado instalado para soportar las aplicaciones.

***Repartidores de edificio en un sistema de cableado genérico***

Los repartidores de equipos están ubicados en las salas de comunicaciones. Éstas han de tener mayores dimensiones que las destinadas a los distribuidores de planta para dar cabida, además de a los armarios o racks correspondientes, a los equipos de transmisión de los operador públicos, ubicados en un armario independiente, a una mesa de dimensiones mínimas 1000x800mm y dos sillas. Esta sala también dispondrá de un falso techo para el tendido y distribución de los cables interiores y de acceso a la red externa.

Los criterios mínimos que se han de satisfacer para una sala de comunicación principal son:

- ✓ Dimensiones mínimas: 6mx5m=30 metros cuadrados, con puerta doble y cerradura de seguridad.
- ✓ Disponibilidad de falso techo registrable suspendido a 30 cm. La altura mínima del local, entre el suelo normal y el falso techo, será de 2.40 metros.
- ✓ Un cuadro eléctrico (Diseño e instalación fuera del alcance de este proyecto).
- ✓ 8 tomas de corriente protegidas mediante magneto-térmico de 16 A para enchufar herramientas y aparatos eléctricos (instalación fuera del alcance de este proyecto).
- ✓ 4 tomas de datos junto a la mesa de trabajo.
- ✓ 2 tomas de voz (instalación fuera del alcance de este proyecto).
- ✓ Luminarias para proporcionar una luminosidad de, al menos, 400 lux.

- ✓ Ventilación natural directa o forzada, con el objeto de mantener unas condiciones ambientales de temperatura entre 18°C y 30°C y humedad relativa entre 30% y 55% (diseño e instalación fuera del alcance de este proyecto).

La ubicación del repartidor de edificio del edificio ZAL sigue las mismas recomendaciones que para los repartidores de planta de este mismo edificio.

#### *Ubicación de los repartidores*

En lo referente a la ubicación, los repartidores, tanto de Planta como de Edificio, han de ser ubicados en cuartos destinados expresamente a este fin, donde se permita la instalación del cableado necesario junto con la colocación y retirada de grandes aparatos. Es importante que se habilite un camino seguro que permita el acceso y respete la carga máxima del suelo para permitir el paso de aparatos, incluyendo las ayudas mecánicas y humanas necesarias para llevar a cabo la colocación y retirada del mismo.

En el edificio ZAL existirá un único repartidor de edificio, ubicado en un cuarto de telecomunicaciones en la planta baja de la Torre A. Se ha considerado ubicarlo aquí porque el acceso a la red de los operadores públicos es fácil y seguro, evitándose tramos del operador dentro del edificio. También, se ha considerado esta ubicación por tener centralizado todo en un único punto. Con los canales de fibra óptica, que alcanzan distancias mucho más superiores que la longitud máxima del edificio ZAL, se puede llevar a cabo esta opción sin ningún tipo de problemas.

No se ha considerado el hecho de ubicar el repartidor de edificio en el sótano del edificio ZAL con el objeto de evitar las incidencias desastrosas provocadas por una posible inundación.

Entre las torres A y B existirán un total de 3 cuartos de equipos, que serán empleados para albergar los repartidores de planta. Esto se debe a que por criterios de optimización de espacios, de materiales y de equipamiento se podrá emplear un repartidor de Planta para varias plantas de oficinas, en cuyo caso, el repartidor deberá incorporar grupos de patch panel asociados a cada planta y disponer de un cuarto de equipos con espacio suficiente para albergar los armarios o racks necesarios, así como disponer en conjunto de, al menos, un 25% de capacidad para futuras ampliaciones. Esto es posible llevarlo a cabo porque las zonas cubiertas en cada planta tienen la misma superficie y el tendido de cableado desde el repartidor de Planta hasta cada toma no supera los 90 metros. Los repartidores de Planta se distribuyen como sigue:

#### Torre A

Esta torre dispone de dos repartidores de planta, ubicados en dos cuartos de equipos, sin contar con el cuarto de telecomunicaciones dedicado exclusivamente al repartidor de edificio. Los dos cuartos de equipos están ubicados en la 2ª y en la 5ª planta. El primero de ellos se encarga de dar servicio de red a cada una de las tomas de telecomunicaciones ubicadas en las plantas 1ª, 2ª y 3ª, sumando un total de 186 tomas de telecomunicaciones. El segundo de los cuartos de equipos se encarga de dar servicio de red a cada una de las tomas de telecomunicaciones ubicadas en las plantas 4ª, 5ª y 6ª, sumando un total de 170 tomas de telecomunicaciones.

#### Torre B

La torre B dispone de un único cuarto de equipos para dar servicio a todas y cada una de las tomas de telecomunicaciones existentes en ésta. Dicho repartidor se encuentra ubicado en un cuarto de equipos en la 2ª planta. Este repartidor de Planta da servicio a 322 tomas de telecomunicaciones, distribuidas entre las plantas baja, primera y segunda.

Decir que para cada uno de los cables de red que llegan a los repartidores de planta existentes en el edificio ZAL, la distancia máxima de éstos, tal y como fija la norma EN 50173, es inferior a 90 metros

como límite máximo permitido.

Adicionalmente, la norma EN 50173 establece genéricamente la existencia de un distribuidor de planta por cada 1000 m<sup>2</sup> de suelo de oficina y, al menos, instalar como mínimo un distribuidor de planta por edificio. Para este proyecto ambos aspectos se cumplen.

En lo referente a la ubicación teórica más adecuada para los repartidores de Planta se obtendrá mediante la división de la superficie de la planta del edificio en cuadrados de máximo 50 metros de lado. El punto central de cada cuadrado se corresponderá con la posición idónea para cada Distribuidor de Planta. Alternativamente, en función de la forma del edificio, podría dividirse la superficie de la planta en rectángulos cuyo lado más largo sea de 70 metros y el más corto de 40 metros, ubicándose en el centro del mismo el repartidor de Planta. Para este proyecto, se debe de llevar a cabo una cierta variación para este criterio, ya que en la disposición de las Torres A y B, los ascensores y aseos se encuentran en el centro de cada una de las plantas de ambas, por lo que deberemos de dividir la superficie de una planta en subsuperficies y considerar el estudio de la ubicación de un repartidor de Planta aplicando el concepto de la división de la superficie.

Debido a que la superficie de cada planta no es elevada, podemos considerar hacer una división en tres partes de cada una de las plantas, para considerar dónde ubicar el repartidor de Planta. En el caso de la Torre A, los repartidores de Planta se han ubicado en la oficinas Ai02, siendo  $i=2,5$ , ya que esta oficina dispone de patinillos llevadas a cabo en la construcción del edificio ZAL para la distribución del cableado vertical de telecomunicaciones. Esto, unido al hecho de que la distancia desde la toma de telecomunicaciones ubicada en una planta diferente a la que se encuentra el repartidor de Planta no supera los 90 metros, hace de esta oficina un lugar idóneo para ubicarlo. En el caso de la Torre B ocurre lo mismo que para la Torre A en lo referente a la canalización para el cableado vertical de un sistema de cableado estructurado. Como se hará uso de fibra óptica para interconectar los repartidores de Planta con el repartidor de Edificio, ubicado en la torre A, no habrá problemas por la distancia, ya que ésta es inferior a los 300 metros.

Los armarios de los repartidores deberán estar separados una distancia superior a 3 metros de centros de transformación, maquinaria de ascensores y otras instalaciones que puedan producir interferencias electromagnéticas. En el edificio ZAL, los sistemas de aire acondicionado se encuentran ubicados en la azotea de ambas torres, la maquinaria de los ascensores se encuentra ubicada en unos habitáculos ubicados en la azotea de ambas torres. La separación que existe desde los repartidores de Planta y los ascensores es, en todo los casos, de 9.76 metros. Para el repartidor de Edificio la separación es de 11.33 metros.

Los armarios o rack contenidos en los distribuidores no se deberían ubicar en:

- Baños y cocinas.
- En el camino de salidas de emergencia.
- En el espacio de falsos suelos o techos.
- Dentro de cajas o espacios que contengan mangueras antincendios u otros equipos de extinción.
- En locales en los que exista en su vertical canalizaciones de agua o desagües.

### Vías de comunicación entre repartidores

Con el objeto de facilitar la instalación y gestión del cableado troncal y optimizar el coste del mismo, se deberán situar los repartidores de Planta que cubren áreas simétricas, alineados en la misma ver-

tical. Cada una de las verticales consistirá en un patinillo para uso exclusivo de telecomunicaciones, construido durante la fabricación del edificio.

Los patinillos destinados al cableado disponen de una puerta o panel de acceso de dimensiones iguales a 800x800 mm, dotado con una cerradura. Además de los patinillos, es necesario definir una vía de distribución horizontal entre el repartidor de Planta de la Torre B y el repartidor de Edificio, ubicado en la Torre A, por donde se distribuirá el cableado de fibra óptica empleado.



Figura 4.15: *Patinillo interior para cableado de telecomunicaciones*

### Recorrido de las canalizaciones del cableado

Debería de elegirse el sistema de canalizaciones adecuado para proteger los cables instalados de modo que se evite el daño y han de preverse medidas para restringir el acceso no autorizado.

El diseño de la infraestructura de cableado debería tener en cuenta la facilidad de reparación y la redundancia necesarias para reducir el coste y los inconvenientes de la interrupción del servicio.

A continuación, nos centraremos en las canalizaciones a instalar en la Torre A y en la Torre B del edificio ZAL. Estas canalizaciones presentan las siguientes características:

- ✓ Distribución: En el interior de las oficinas de ambas torres, las canaletas empleadas para el sistema de distribución se distribuyen en una canaleta troncal, a partir de la cual se van ramificando canaletas para cada una de las cajas que albergan la toma de telecomunicaciones. El mazo de cables correspondiente al cableado horizontal que discurre por los pasillos circulares de ambas torres se distribuyen a través de bandejas de PVC cubiertas por falsos techos existentes en los pasillos de cada una de las plantas de ambas torres de oficinas. Para distribuir el cableado vertical se hará uso de patinillos interiores existentes en el edificio desde la construcción del mismo, y que están dedicadas a la distribución del cableado de datos.
- ✓ Planos: la distribución de las canalizaciones se puede ver haciendo uso de los planos diseñados para el sistema de cableado estructurado del edificio ZAL.
- ✓ Materiales de las canalizaciones: las canaletas empleadas para distribuir el cableado horizontal por el interior de las oficinas es PVC. Las canalizaciones para distribuir el cableado horizontal por los pasillos de ambas torres bandejas de PVC. Para el cableado vertical se hace uso de os patinillos interiores construidos durante la construcción del edificio y destinados a la distribución

del cableado de datos del edificio. Por esta canalización no se distribuirá ningún tipo de tendido que no sea tendido de cableado de datos. Esta canalización también será empleada para distribuir el cableado horizontal entre plantas de oficinas, ya que para el proyecto de cableado estructurado del edificio ZAL, un mismo repartidor de planta dará servicio a más de una planta de oficinas, como mínimo 2 plantas. Para la canalización destinada a unir el repartidor de planta de la Torre B con el repartidor de edificio, ubicado en la planta baja de la Torre A, se empleará el sistema de conducción dedicado a cableado no metálico.

### *Canalizaciones tendido vertical*

Las canalizaciones del cableado troncal vertical (mangueras de fibra óptica y mangueras de pares trenzados para tomas de telecomunicaciones ubicadas en una planta al distribuidor de Planta), discurrirán preferentemente por bandejas situadas en patinillos o en bajantes de plantas preparadas al efecto. El tramo para horizontal que debe recorrer el cableado troncal de fibra óptica desde el repartidor de Planta de la Torre B hasta el cuarto de comunicaciones donde se ubica el repartidor de Edificio se realizará mediante bandejas de las dimensiones adecuadas, soportada sobre techo.

No existen canalizaciones eléctricas paralelas a los patinillos interiores dedicados para cableado de comunicaciones a una distancia inferior a las que se indican en la tabla 4.3.

### *Canalizaciones tendido horizontal*

El cableado horizontal desde los repartidores de Planta hasta las tomas de telecomunicaciones de usuarios, se tenderá preferentemente a través de bandejas perimetrales que se ubicarán por los pasillos de cada una de las plantas de ambas torres, así como por el interior de las oficinas de trabajo. Estas bandejas se soportarán sobre techo.

Por motivos de estética interior del edificio, será necesario cubrir las bandejas con el falso techo existente en cada uno de los pasillos de ambas torres. El falso techo deberá ser registrable, al menos, a lo largo de todo el tramo de canalización.

El acceso desde las bandejas perimetrales a las oficinas en las que se ubican los repartidores de Planta se llevará a cabo haciendo uso de canaleta o tubo rígido de dimensiones adecuadas, a través de orificios practicados en los tabiques. Los orificios se practicarán próximos a una de las esquinas del cuarto de equipo.

Dentro de cada oficina se realizará el tendido de la canaleta mediante un tramo vertical hasta el rodapié o hasta unos 15 cm. Del suelo. En esta canaleta central se instalará cada una de las cajas con las tomas de telecomunicaciones asociadas a cada puesto de trabajo.

Se recomienda el empleo de tubo rígido y realizar tramos verticales rectos desde el orificio de entrada al local hasta la caja, a efectos de ampliaciones o sustituciones posteriores del conducto.

Las canalizaciones deberán emplear tabiques fijos, no susceptibles de ser cambiados o eliminados en un futuro.

Tal y como se indica en la norma EN 50174-2, los cruces existentes entre el cableado eléctrico y el cableado de comunicaciones se realizará en ángulo recto. El cableado eléctrico en el interior de las oficinas se encuentra distribuido a través de unas reglas llevadas a cabo en los tabiques, a la altura de los rodapiés. Se determina que, como medida de prevención, se aplicará la distancia expuesta en la tabla 4.3 para el cableado de comunicaciones y el cableado eléctrico, tal y como se indica en la norma EN 50174-2, evitándose así problemas relacionados con la cercanía del tendido eléctrico. Las separaciones que aparecen en la tabla 4.3 se aplicarán para el tramo desde la toma de telecomunicaciones hasta el repartidor de Planta.

### Ubicaciones de las cajas para las tomas de telecomunicaciones

Para la distribución de las cajas que albergarán las tomas de telecomunicaciones en cada una de las oficinas de la Torre A y B que conforman el edificio ZAL, se ha determinado realizar un tendido de canalización perimetral e instalar las cajas en la pared, siendo funcional y operativamente posible alinear los puestos de trabajo contra una o ambas paredes de la oficina, dejando un pasillo lateral o central y espacio suficiente entre cada puesto de trabajo para tener acceso a cada uno de estos sin causar molestias a las personas que estén trabajando en otras mesas.

En el diseño y distribución de los puestos de trabajo se ha evitado ubicarlos en zonas separadas de las paredes del local, a fin de evitar el uso de canaletas de media caña o columnas de cableado, que encarecerían notablemente la instalación y conservación del cableado, así como dañarían a la estética interior de las oficinas.

Se debe seguir las siguientes recomendaciones a la hora de ubicar las cajas de tomas de cableado:

- ✓ Las cajas se posicionarán en un punto cercano a la mesa del usuario.
- ✓ Se recomienda el uso de mesas de oficina que incorporan un mecanismo guía para el tendido de los latiguillos del ordenador, así como de otros latiguillos, y un orificio para conducir los latiguillos desde la parte inferior de la mesa a la parte superior, a fin de dejar la superficie de trabajo libre de cables.
- ✓ La distancia desde las tomas al ordenador deberá ser inferior a 3 metros, para evitar superar la longitud máxima de latiguillo de usuario, establecida en 5 metros.
- ✓ Las tomas de datos deberán estar accesibles en todo momento. Esto implica que no se podrán colocar armarios, estanterías u otro tipo de mobiliario o elementos delante de ellas.
- ✓ La altura a la que se situará cada toma podrá ser entre 10 y 30 cm. Se pueden situar a una altura superior, aproximadamente 75 cm, para que queden por encima de las mesas de trabajo.
- ✓ La ubicación de las cajas y las mesas deberá ser tal que se evite los latiguillos por el suelo, ya que se corre el riesgo de tropezar con ellos y arrancarlos o deteriorarlos.
- ✓ Se evitará la instalación de las cajas detrás de puertas o detrás de objetos que impidan su acceso, como pueden ser armarios, paneles de calefacción, entre otros.

### Dimensionado de la infraestructura de cableado estructurado

La infraestructura de cableado de telecomunicaciones estará dimensionada en función del número de puestos de trabajo que necesiten de servicio de red. En base al diseño que se ha llevado a cabo para la distribución de los puestos de trabajo, se ha dimensionado la infraestructura de cableado estructurado.

#### *Dimensionado de tomas de usuario*

A continuación, se van a indicar unos criterios orientativos seguidos a la hora de dimensionar el número de tomas de usuarios en cada una de las oficinas existentes en la Torre A y B del edificio ZAL. Estos criterios se pueden dividir en criterios generales y criterios específicos.

#### Criterios generales



- ✓ Se instalará una caja con dos tomas de datos por cada uno de los puestos de trabajo existente en cada una de las oficinas.
- ✓ No existirán tomas de telecomunicaciones fuera de las oficinas de trabajo.

#### Criterios específicos

- ✓ las salas de reuniones existentes en ambas torres dispondrán de dos cajas con 2 tomas de telecomunicaciones cada una.
- ✓ El salón de actos, ubicado en la planta baja del edificio ZAL, dispondrá de dos cajas con dos tomas de telecomunicaciones cada una, ubicadas a ambos lados del escenario del mismo.

#### *Dimensionado del cableado horizontal*

El cableado horizontal empleado para conectar cada toma de telecomunicaciones con un repartidor de Planta se dimensionará de la siguiente manera:

- Se tomará como criterio teórico para el cálculo inicial del cableado necesario que la longitud media del cableado horizontal desde el armario hasta el puesto de usuario es de 30 metros. Obviamente, es una medida teórica, que se deberá de confirmar de manera real en el apartado "Estado de mediciones", donde se llevará a cabo una medida real del cableado total a emplear.
- Los latiguillos de los puestos de usuario serán de diferentes medidas, en función de la separación existente de la toma de telecomunicaciones al puesto de trabajo. Se emplearán tres medidas: latiguillo de 1 metro, 2 metros, de 3 metros y de 5 metros.
- Los latiguillos de parcheo en los armarios de redes serán de dos medidas diferentes, 2 metros y 3 metros.

#### *Dimensionado del cableado troncal vertical*

El cableado vertical se dimensionará de la siguiente manera:

- ✓ Manguera de fibra óptica: En la Torre A será tendida una manguera de 16 hilos de fibra óptica multimodo de Categoría OM3, Clase OF-300, desde cada uno de los repartidores de Planta hasta el repartidor de edificio. Esta solución es empleada debido a que la distancia existente entre cada uno de los repartidores de Planta y el repartidor de Edificio no supera los 500 metros. En la Torre B se tenderá una manguera con 14 hilos de fibra óptica multimodo de Categoría OM3, clase OF-300, hasta el Repartidor de Edificio. Esta solución es empleada debido a que la distancia existente entre cada uno de los repartidores de Planta y el repartidor de Edificio no supera los 300 metros.
- ✓ Los latiguillos de parcheo de fibra óptica en los armarios de red, tanto en los ubicados en los repartidores de Planta como en los ubicados en el repartido de Edificio, en caso de que existieran más de uno, serán de 2 metros de longitud.
- ✓ En los repartidores de Planta ubicados en la planta 2ª y 5ª de la Torre A se emplearán el tendido de mangueras de 200 pares, ya que para el primero de ellos existirán 186 pares trenzados y para el segundo de ellos existirá 170 pares trenzados.

- ✓ En el repartidor de Planta ubicado en la planta 1ª de la Torre B se emplearán dos tendidos de mangueras, de 200 pares cada uno, debido a que el número de pares trenzados que tiene este repartidor de Planta es elevado, 320 pares trenzados.

#### *Dimensionado de los repartidores*

Los repartidores deberán disponer, una vez instalados todos los elementos, incluso los equipos de electrónica de red previstos, de al menos un 15% de espacio libre para futuras ampliaciones. En caso contrario, se deberá realizar la instalación de un armario adicional para cumplir dicho criterio.

- El rack 1 tiene ocupado un 83% de la capacidad total. Esto equivale a 39U de las 47U disponibles.
- Los racks 2 y 3 tienen cada uno ocupado un 80% de la capacidad total. Esto equivale a 24U de las 30U disponibles.
- El rack 4 usado en el Repartidor de Edificio tiene ocupado un  $62.5\% \simeq 63\%$  de la capacidad total. Esto equivale a 15U de las 24U disponibles.

#### *Dimensionado de las canalizaciones*

Las canalizaciones interiores a instalar se determinarán en función de los siguientes parámetros:

- Cantidades y tipos de cables que requieren albergar inicialmente.
- Porcentaje de espacio libre útil que deberán disponer para soportar futuras ampliaciones o remodelaciones que impliquen el tendido en paralelo de nuevo cableado.

El porcentaje de capacidad libre útil que se deberá de dejar es:

- 50% en canalizaciones distribuidas por pasillos o patinillos interiores.
- 20% en canalizaciones distribuidas por las oficinas de trabajo de ambas torres, A y B.

Para evitar escalonamientos de secciones a lo largo de los tramos de la canalización, cada tramo completo de canalización troncal deberá emplear el mismo tipo de canalización. Sólo se podrá variar el tamaño de la canalización cuando se produzca una derivación, debiéndose conservar en todo el tramo de la derivación las mismas dimensiones, color, soporte, entre otros.

Las canalizaciones distribuidas por las oficinas de trabajo seguirán el mismo criterio y únicamente se admitirá en cada oficina de trabajo un máximo de 4 canaletas de diferentes dimensiones: la canaleta principal que recorre la oficina, la empleada en las curvas y esquinas, la empleada para acceder al edificio y la que se deriva hasta la caja de puesto de trabajo.

## 4.7 Procedimientos de ejecución

A continuación, se pasará a especificar al instalador todos los procedimientos de ejecución, normas y relación de herramientas homologadas para la instalación, conexión y codificación del sistema de cableado.

#### 4.7.1 Instalación del cableado

El procedimiento de instalación se regirá según lo especificado en la norma EN 50174. Entre los aspectos recogidos en dicha norma, se cuidarán especialmente los siguientes puntos:

- Cuando se realice la tirada del cable, los instaladores deberán de evitar todo tipo de torceduras y tirones, así como radios de curvatura inferiores a 5 cm. Del mismo modo, se reducirán al mínimo posible los cruces de los cables de datos con los cables de corriente.
- En el armario de distribución del cableado horizontal, habrá que dejar 2 metros de margen de cable para permitir su conexión con el patch-panel correspondiente y, a su vez, permitir el movimiento frontal del patch-panel una vez realizado el conexión, para posibles manipulaciones futuras.
- Cada cable deberá ser etiquetado, tanto en el extremo del panel como en el extremo de la roseta, y en puntos intermedios de paso bien con una brida o con un sistema similar, según las normas de etiquetado especificados por el director del obra.

#### 4.7.2 Conexión

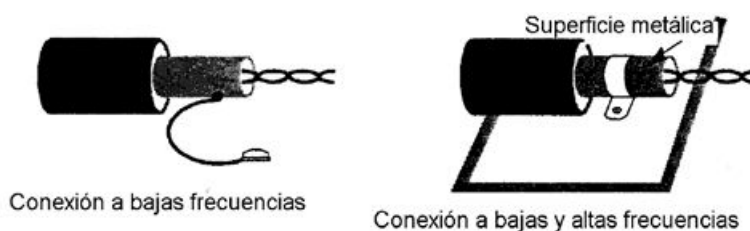
- La conexión de los cables a la roseta se realizará par a par, más el hilo de drenaje, según la configuración de las rosetas, siendo estrictamente necesario no destrenzar cada uno de los cuatro pares más de 13 mm [1], hasta su conexión en el pin correspondiente de la roseta.
- Antes de conectar el hilo desnudo de masa (hilo de drenaje), deberá ser cubierto con un trozo de macarrón termo retráctil.
- Una vez realizadas las conexiones de los cables a las rosetas, habrá que fijarlas a la caja de datos teniendo especial cuidado para que el cable no sufra torceduras.
- Se procederá al etiquetado de las rosetas según las especificaciones del director de obra.

#### 4.7.3 Conexión de los patch-panel

Consiste en la conexión del cableado horizontal, a los paneles de distribución ubicados en los armarios de planta y back-bone (armario principal). El procedimiento de conexión de dicho cable a los paneles es el siguiente:

- Una vez localizado en el armario un cable, según las especificaciones reflejadas en el apartado anterior "*Instalación del cableado*", [4.7.1](#), se procederá de igual forma que en el apartado de las rosetas a la preparación del cable para su posterior conexión al panel.
- La conexión de los cables a los paneles, se realizará par a par, con la máquina de precisión indicada por el director de obra y según la configuración dada por él, siendo estrictamente necesario no destrenzar cada uno de los cuatro pares más de 13 mm, hasta su conexión en el pin correspondiente del panel.
- Los hilos de drenaje, junto con las mallas de los cables se conectarán a la toma de masa del panel, siendo preferible una conectorización a 360°. Vease figura [4.16](#).

- Por último, una vez realizadas las conexiones, se fijarán los cables en la parte posterior del armario, y se procederá al etiquetado de las tomas del patch-panel según la codificación indicada por la dirección de obra.



NOTA – Cuando existe una pantalla o un conductor de tierra fuera de la estructura del cable, se considera un conductor PEC, que debería estar puesto a tierra en ambos extremos. Las pantallas interiores o tierras del cable también están puestas a tierra en uno o ambos extremos. Para sistemas TN-C o TN-C-S véase el anexo A.6.2.2.

Figura 4.16: *conexión del cable a la tierra local*

## 4.8 Listado de materiales

Con el objeto de orientar y facilitar al suministrador e instalador de la infraestructura de cableado la elección de los componentes que cumplan perfectamente las especificaciones técnicas del presente Pliego de Condiciones. No se incluirá en este listado los equipos activos de red, siendo incluidos éstos en el presupuesto. Los materiales a emplear son:

- Racks desmontables con código 15547-86 del fabricante *CHEVIlanconnect* para Repartidor de Planta de la Torre B.
- Racks desmontables con código 15530-86 del fabricante *CHEVIlanconnect* para los Repartidores de Planta de la Torre A.
- Racks desmontables con doble puerta, código 17224-88 del fabricante *CHEVIlanconnect* para Repartidor de Edificio.
- Cableado UTP de Categoría 6, libre de halógenos HF1 y cubierta retardante de fuego. Fabricante Brand-Rex.
- Latiguillo de parcheo de tipo UTP de Categoría 6, con identificador lumínico en el extremo del cable, del fabricante Brand-Rex.
- Caja de dos tomas de telecomunicaciones, con guardapolvos, Categoría 6, del fabricante Simon CIMA.
- Fibra óptica multimodo Categoría OM3, Clase OF-300, 850nm de longitud de onda y 50  $\mu\text{m}$  de diámetro de núcleo, del fabricante CORNING para subsistema de cableado vertical.
- Latiguillo de fibra óptica Fibra óptica multimodo Categoría OM3, Clase OF-300, 850nm de longitud de onda y 50  $\mu\text{m}$  de diámetro de núcleo, del fabricante CORNING, con conector LC para Repartidor de Planta.
- atiguillo de fibra óptica Fibra óptica multimodo Categoría OM3, Clase OF-300, 850nm de longitud de onda y 50  $\mu\text{m}$  de diámetro de núcleo, del fabricante CORNING con conectores SC para Repartidor de Edificio.

- Pasa cables horizontales y verticales para gestión y organización de cableado en el interior de los racks. Fabricante *CHEVIlanconnect*.
- Patch panel de cableado UTP Categoría 6 del fabricante Brand-REX.
- Patch panel de cableado de fibra óptica multimodo Categoría OM3, Clase OF-300, con puertos hembra LC para Repartidores de Planta.
- Patch panel de cableado de fibra óptica multimodo Categoría OM3, Clase OF-300, con puertos hembra SC para Repartidor de Edificio.
- Bandejas y canaletas del fabricante UNEX.

Se considera deseable el uso de los materiales indicados anteriormente con el fin de homogeneizar y facilitar la compatibilidad, reutilización, conservación y mantenimiento de la red de cableado estructurado del Edificio ZAL.

## 4.9 Descripción y requisitos de la instalación

La instalación de la infraestructura de cableado estructurado en el Edificio ZAL, siendo éste de nueva construcción, deberá seguir las directrices y pautas indicadas en este capítulo.

La nueva infraestructura de telecomunicaciones a implantar se fundamentará en realizar el tendido y distribución de cableado UTP de categoría 6 desde cada repartidor de Planta hasta las tomas de telecomunicaciones ubicadas en cada uno de los puestos de trabajo, repartidos por las oficinas existentes en la Torre A y en la Torre B. También, se debe llevar a cabo el tendido y distribución de cableado de fibra óptica multimodo para unir los repartidores de Planta con el Repartidor de Edificio.

### 4.9.1 Subsistema horizontal

#### Cableado horizontal

El cableado horizontal se realizará de una sola tirada entre la toma de telecomunicaciones, ubicada en el puesto de trabajo, y el panel de parcheo (patch-panel) del armario de red ubicado en el repartidor de Planta, quedando absolutamente prohibidos los puntos de transición o empalmes intermedios.

La longitud máxima del cableado horizontal desde el panel de parcheo horizontal hasta la toma de telecomunicaciones del puesto de trabajo deberá ser, en todos los casos, inferior a 90 metros, según se define en la norma EN 50173.

El nuevo cableado a instalar se llevará a través de bandejas o canalizaciones nuevas, instaladas para poder llevar a cabo el tendido del cableado de telecomunicaciones.

El cableado horizontal se tenderá de forma cuidadosa, evitándose tirones, torceduras y respetándose el radio mínimo de curvatura especificado por el fabricante y el alineamiento del conjunto de los cables para evitar pérdidas de la capacidad de las canalizaciones. Para evitar problemas debido a cercanía de tendido eléctrico, la distribución del cableado de telecomunicaciones se llevará a cabo respetando la distancia mínima mostrada en la tabla 4.3.

Cada cable deberá estar señalizado, tanto en el extremo del panel como en el extremo de la caja mediante etiqueta autolaminante tipo Brady o similar, con la misma nomenclatura que la toma a la

que presta servicio. Dicha nomenclatura de rotulación será vista en el siguiente apartado. Será el electricista encargado de llevar a cabo la distribución del cableado el que se encargue del etiquetado.



Figura 4.17: *Etiquetado de cable con etiqueta tipo Brady*

### **Cajas de tomas de telecomunicaciones**

Las cajas de los puestos de trabajo, ubicados en las oficinas de la Torre A y B, se situarán sobre pared. Se evitará fijar las cajas en mamparas o partes no pertenecientes a la estructura constructiva del edificio.

El instalador deberá confirmar los emplazamientos propuestos para las cajas y determinar su accesibilidad y disponibilidad, antes de comenzar con la instalación de éstas.

La instalación del cable dentro de las cajas se deberá efectuar de tal forma que no se dañen sus componentes y se respete el radio mínimo de curvatura de especificado por el fabricante.

Cada una de las serán identificadas y etiquetadas, así como sus tomas. Las normas de rotulación vendrán explicadas con detalle en el apartado "*Normas de Rotulación*" 4.9.7, perteneciente a este mismo documento.

En cada una de las cajas se colocará una pegatina, proporcionadas éstas por el gerente del Edificio ZAL, que identifica que las tomas de cada caja son de Categoría 6.

### **Tomas de telecomunicaciones**

Las tomas de telecomunicaciones presentarán sus conectores con el código de colores según EIA/TIA -568B, que será empleado como secuencia de codificación para ambos extremos del cable.

El destrenzado máximo de los extremos del cable para su inserción en el conector deberá ser el estipulado por el fabricante para el cumplimiento del canal de Clase E, según la norma EN-50173.

La conexión de los pares del cable sobre la toma se realizará con una herramienta de impacto adecuada, que permita el desplazamiento de aislante, evitando que los hilos queden tensos y asegurando que el destrenzado sea el mínimo posible.

### **Latiguillos de usuario**

Los latiguillos de usuario tendrán una longitud que permita conectar el equipo de usuario a al toma sin que se produzcan tensiones ni tirantez en el propio latiguillo.

Se deberá tener en cuenta la longitud máxima del latiguillo de usuario que permite la norma EN 50173, en función del latiguillo de parcheo y de la relación de atenuaciones entre latiguillo flexible y

cable horizontal, para el cumplimiento de la Clase E. Como regla general, se procurará que la longitud máxima de los latiguillos no supere nunca los 5 metros.

### 4.9.2 Repartidor de Planta

La distribución orientativa de los diferentes componentes contenidos en los armarios de los repartidores de Planta puede verse en el apartado "*Racks de Repartidor de Planta*", 3.4.1.

Los racks contendrán, en mayor o menor cantidad, los siguientes componentes:

- ✓ Kit de ventilación de techo, que no suponga ocupación de unidades de altura útiles del rack.
- ✓ En la parte superior se instalará la bandeja que albergará el panel de conexiones de fibra óptica empleado para el subsistema vertical. Se ocupará 1U del total de Us disponibles en el armario.
- ✓ A continuación, se ubicarán los patch panels para cableado balanceado, Categoría 6 UTP. Tendrán puertos RJ45 hembras. Se empleará 1U para los pasa hilos horizontales y 0.5U para los patch panels de cableado balanceado de 24 puertos.
- ✓ A continuación de los equipos activos de red se instalará una tapa ciega. Para el rack 1 esta tapa ocupará 7U. Para los racks 2 y 3 esta tapa ciega ocupará 5U.
- ✓ A continuación de la tapa ciega, se instalará los equipos activos de red. Los switches se colocarán consecutivamente. Los switches de la Capa de Acceso emplearán 1U por switch. Decir que entre cada uno de los switches se ubicará un pasa hilos horizontal, permitiendo distribuir el cableado de manera correcta en el interior del rack.
- ✓ A continuación de los paneles de parcheo se instalarán las UPS, que alimentarán de manera ininterrumpida los equipos activos de red. Éstas ocuparán 3U. El rack 1 dispone de dos UPS, mientras que los racks 2 y 3 sólo dispondrán de una UPS.
- ✓ Después de los equipos activos de red se ubicará una tapa ciega. En los racks 1,2 y 3 ésta ocupa 4U.
- ✓ La regleta de enchufes tipo schuko se instalará sobre el perfil posterior del armario, en posición vertical u horizontal, asegurando que sea visible y accesible en todo momento, ya sea desde el frontal del armario o desde el lateral. Ocupará 1U.
- ✓ El armario deberá disponer, como mínimo, de 9 U libres para futuras ampliaciones que se puedan llevar a cabo. En caso contrario, se instalará un segundo armario de las mismas características pudiéndose en ese caso realizarse una redistribución de los elementos, siguiendo el mismo esquema explicado en los puntos anteriores.

En caso de que sea necesario instalar un segundo armario, se puede dedicar uno de ellos a la electrónica de red y la bandeja de fibra óptica, realizándose el parcheo de latiguillos entre los dos armarios a través del lateral de unión entre ambos.

Los parcheos entre armarios se realizarían a través de la puerta lateral adyacente entre los mismos.

La entrada de los cables en el armario se realizará a través de los orificios de la puerta trasera del armario, preferentemente por su parte inferior, debiéndose respetar en todo momento el radio mínimo de curvatura operativo, especificado por el fabricante.

Los cables se agruparán en mazos de 48 cables y serán conducidos por el interior del armario sujetos a los perfiles laterales del armario haciendo uso de pasacables verticales, para que sean soportados de forma adecuada y se evite su desconexión de los paneles de parcheo al producirse movimientos del armario.

En la instalación se dejará un excedente de cableado, con el fin de disponer de margen para el conexión de los paneles y para el movimiento de los armarios en un radio no inferior a 3 metros. La coca de cable se situará en la pared situada tras el armario, sujeta con ganchos en forma de U, que permitan situar el armario a una distancia mínima a la pared de fondo, respetándose en todo momento el radio mínimo de curvatura de los cables.

La plantilla de electricistas encargada de distribuir el cableado se encargará de conectar el chasis del armario a la toma de tierra independiente, inferior a 5 ohmios, en el punto destinado al defecto.

### **Paneles de parcheo de cableado horizontal**

Las tomas del panel de parcheo presentarán sus conectores con el código de colores según EIA/TIA-568B, que será el empleado como secuencia de codificación para ambos extremos del cable.

El destrenzado máximo de los extremos del cable para su inserción en el conector deberá el estipulado por el fabricante para el cumplimiento del canal de Clase E, según EN-50173.

La conexión de los pares del cable sobre la toma se realizará con herramienta de impacto adecuado que permita el desplazamiento de aislante, evitando que los hilos queden tensos y asegurando que el destrenzado sea el mínimo posible.

Los paneles de parcheo se etiquetarán en base a lo indicado en el apartado "*Normas de rotulación*", 4.9.7.

Debido a que los distribuidores de Planta prestan servicio a varias plantas, los paneles de parcheo del cableado horizontal se agrupará por plantas.

### **Paneles de fibra óptica**

Para el Rack 1, la manguera de 14 fibras ópticas multimodo se conectará a la bandeja de fibra óptica ubicada en dicho rack.

Los paneles de fibra óptica de los racks 1, 2 y 3 estarán etiquetados con el número de puerto al que se debe conectar el latiguillo en el patch panel de fibra del Repartidor de Edificio para realizar la conexión.

Decir que los paneles de fibra óptica de cada Repartidor de Planta tendrán conectores LC hembras.

Decir que el panel de fibra óptica empleado en el Repartidor de Edificio tendrá conectores tipo SC hembra. Hasta aquí llegarán cada uno de los hilos de fibra óptica procedentes de los Repartidores de Planta.

### **Guías pasa hilos horizontales**

Cada panel de parcheo dispondrá de una guía pasa hilos horizontal de 1U en su parte superior.



También, para llevar a cabo una mejor distribución del cableado en el interior del rack, cada uno de los switches también dispondrá de una guía pasa hilos.

### Guías pasa hilos verticales

El armario dispondrá de dos guías pasa cables verticales, de 47U para el rack1, 30U para el rack 2 y 3 y 24U para el rack 4, ubicadas en los laterales de los armarios. En el esquema se pueden ver. Se corresponden con los rectángulos de color gris claro ubicados en los laterales interiores de cada uno de los racks.

### Latiguillos de parcheo

Los latiguillos de parcheo tendrán una longitud que permita interconectar la toma del panel de parcheo al equipo activo de red sin que se produzcan tensiones ni tirantez en el propio latiguillo.

Se deberá tener en cuenta que la longitud máxima del latiguillo de parcheo que permite la norma EN 50173, es de 5 metros. Como regla general, se utilizarán latiguillos de parcheo de 2 metros.

Antes de iniciarse la instalación de los latiguillos se deberá haber planificado el encaminamiento de los mismo para minimizar la congestión de cables y facilitar la administración del parcheo.

### 4.9.3 Subsistema vertical

El cableado vertical unirá el repartidor de Edificio con los diferentes repartidores de Planta por el trayecto más corto posible y con el mínimo recorrido horizontal. No deberán existir uniones ni empalmes intermedios.

### 4.9.4 Repartidor de Edificio

La distribución del rack empleado en el Repartidor de Edificio del Edificio ZAL puede verse gráficamente en el apartado "*Rack de Repartidor de Edificio*", 3.4.2.

Los componentes que forman este rack son los siguientes:

- Kit de ventilación de techo, que no suponga ocupación de unidades de altura útiles del rack.
- En la parte superior se instalará la bandeja que albergará el panel de conexiones de fibra óptica empleado para el subsistema vertical y conexión de los hilos de fibra óptica procedentes de los Repartidores de Planta. Se ocupará 1U del total de Us disponibles en el armario.
- A continuación, se ubicará un pasa hilos horizontal, que ayudará a la correcta organización y distribución del cableado en el interior del rack.
- Seguidamente, se instalará los equipos activos de red. Los switches se colocarán consecutivamente. Los switches de la Capa de Núcleo Colapsado emplearán 2U por switch. Decir que entre cada uno de los switches se ubicará un pasa hilos horizontal, permitiendo distribuir el cableado de manera correcta en el interior del rack.

- A continuación de los paneles de parcheo se instalarán las UPS, que alimentarán de manera ininterrumpida los equipos activos de red. Éstas ocuparán 3U. Dispone de una sola unidad de UPS.
- Después de los equipos activos de red se ubicará una tapa ciega de 14U. Se destinará para ubicar los diferentes equipos propietarios que permitirán dar servicio al sistema de cableado estructurado diseñado e implantado en el Edificio ZAL.
- La regleta de enchufes tipo schuko se instalará sobre el perfil posterior del armario, en posición vertical u horizontal, asegurando que sea visible y accesible en todo momento, ya sea desde el frontal del armario o desde el lateral. Ocupará 1U.
- El armario deberá disponer, como mínimo, de 10 U libres para futuras ampliaciones que se puedan llevar a cabo, así como para albergar equipos activos pertenecientes al proveedor de red. En caso contrario, se instalará un segundo armario de las mismas características pudiéndose en ese caso realizarse una redistribución de los elementos, siguiendo el mismo esquema explicado en los puntos anteriores.

La explicación llevada a cabo en el apartado "*Repartidor de Planta*", 4.9.2, referente a la instalación de segundos y sucesivos racks en caso de necesidad, es aplicable a los racks del Repartidor de Edificio.

#### 4.9.5 Canalizaciones interiores

Para distribuir el sistema de cableado estructurado en el interior del Edificio ZAL se hace uso de patinillos interiores, bandejas y canaletas, todo ello distribuido a lo largo de la Torre A y la Torre B. estas vías no deberían contener conductores de pararrayos ni estar distribuidas por los huecos de ascensor.

Los puntos de acceso a las canalizaciones y vías deberían de:

- ✓ Ser accesibles y no estar obstruidos por instalaciones permanentes del edificio.
- ✓ Permitir llevar a cabo instalaciones, reparaciones y mantenimiento sin riesgo para el personal ni para los equipos.
- ✓ Proporcionar el espacio adecuado para cualquier equipamiento necesario para la instalación.
- ✓ Facilitar la instalación de los cables respetando el radio mínimo de curvatura indicado por el proveedor o por la norma aplicable. Cuando hay múltiples tipos de cable, se deberá aplicar el máximo de los radios mínimos de curvatura.
- ✓ Se facilitarán los accesos a las canaletas o bandejas, dejando al menos 150 mm por encima.

Las vías y canalizaciones deberían de evitar las fuentes conocidas de calor, humedad o vibraciones que incrementarían el riesgo de dañar la integridad del cable o de perjudicar sus prestaciones.

Los sistemas de canalizaciones deberán diseñarse e instalarse para eliminar el riesgo de perfiles agudos o punzantes que pudieran dañar el cableado instalado dentro o sobre dichos sistemas. También, los sistemas de canalizaciones deberían seleccionarse e instalarse de modo que se impida la penetración de agua u otros líquidos contaminantes.

Las vías realizadas con bandejas deberían emplear curvas preformadas, compatibles con las bandejas con las bandejas, para implementar los cambios de dirección de las vías y deberán:

- ✓ Asegurar una distancia mínima de 25 mm desde la superficie de colocación.
- ✓ Permitir el mayor espacio de trabajo posible, con un mínimo de 150 mm sobre la bandeja para permitir el acceso durante la instalación.
- ✓ Prevenir el daño al cableado instalado.

El emplazamiento de las vías debería elegirse para evitar las fuentes de perturbaciones electromagnéticas, evitándose los trazados de canalizaciones eléctricas y de cableado de pares balanceados en paralelo. Si fuera inevitable esta distribución, la distancia (A) entre ambos cumplirá las indicaciones mostradas en la siguiente tabla:

Tipo de instalación	Distancia A		
	Sin divisor o con divisor no metálico <sup>1)</sup>	Divisor de aluminio	Divisor de acero
Cable de la red de alimentación no apantallado y cable de tecnología de la información no apantallado	200 mm	100 mm	50 mm
Cable de la red de alimentación no apantallado y cable de tecnología de la información apantallado <sup>2)</sup>	50 mm	20 mm	5 mm
Cable de la red de alimentación apantallado y cable de tecnología de la información no apantallado	30 mm	10 mm	2 mm
Cable de la red de alimentación apantallado y cable de tecnología de la información apantallado <sup>2)</sup>	0 mm	0 mm	0 mm

1) Se asume que en el caso de divisor metálico, el diseño del sistema de conducción de cable conseguirá un atenuación de apantallado aproximada a la del material utilizado en el divisor.

2) Los cables de tecnología de la información apantallados deben cumplir con las series EN 50288.

Tabla 4.3: Separación entre el cableado de tecnología de la información y el cableado de la red de alimentación

Para aquellos casos de trazados paralelos, se emplearán separaciones en distancias superiores a los 35 metros, aunque los últimos 15 metros no requieren separación. Podemos ver esto gráficamente en la figura 4.18.

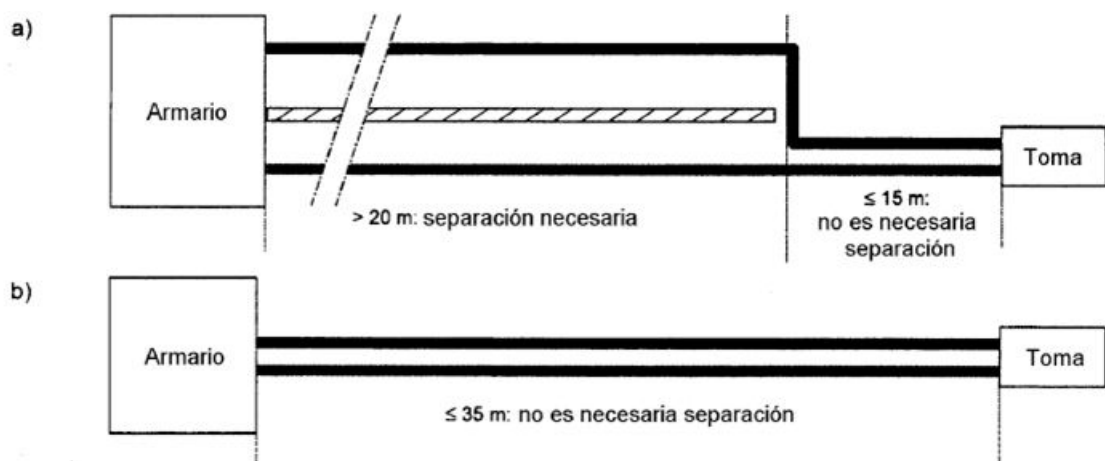
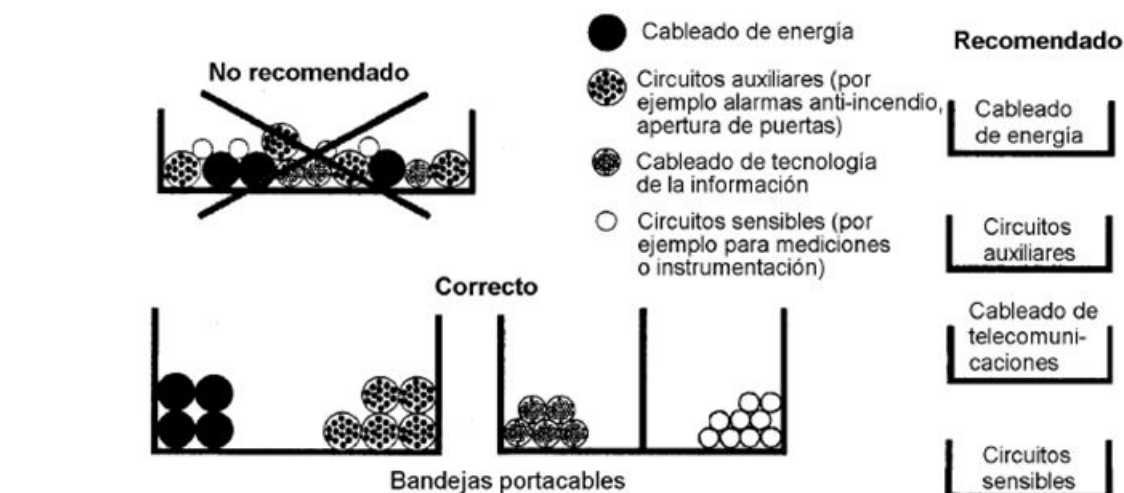


Figura 4.18: Separación entre los cables de la red de alimentación y los cables de datos

Se debe de evitar los cruces entre las canalizaciones eléctricas y de pares, y en casos en los que no se puedan evitar, estos cruces se realizarán en ángulo recto. También decir que los cables de diferentes

propósitos no deben de estar en el mismo mazo de cableado. Diferentes haces deben de estar separados electrónicamente unos de otros. Como se indica en la Norma EN 50174-2, la distribución recomendada del cableado por las canalizaciones puede verse en la figura 4.19.



NOTA – Todas las partes metálicas están conectadas equipotencialmente de forma correcta

Figura 4.19: Separación entre tendidos de datos y otros

Los cables de telecomunicaciones deberán tener una separación mínima de 15 cm. respecto a fluorescente, luminarias de neón, luminarias de vapor de mercurio, debido a las emisiones de radiofrecuencia de las mismas, según la norma EN 50174-2.

A la hora de llevar a cabo la instalación de las canalizaciones necesarias para distribuir el cableado estructurado por ambos edificios de oficinas será necesario tener en cuenta ciertos aspectos:

- ✓ En el interior de ambas torres, se deberá respetar el diseño arquitectónico del mismo, evitando la modificación excesiva del mismo a causa de canalizaciones.
- ✓ El material empleado en la construcción de los tabiques de las oficinas es pladur. Por ello, se debe evitar llevar a cabo modificaciones en el mismo, distribuyéndose el cableado desde cada una de las tomas de telecomunicaciones hasta el falso techo empleando canaletas de PVC.
- ✓ La accesibilidad a los puntos por los que se distribuirá tanto el cableado vertical como el cableado horizontal es buena, pudiendo el personal destinado a la instalación y mantenimiento de la red de cableado acceder al mismo sin ningún tipo de dificultad digna de mencionar.

### Canalización en zonas comunes del edificio

En zonas comunes, como son pasillos, se instalará bandejas con soporte de tipo vertical anclado en el techo, complementado con soporte horizontal para bandeja, teniendo en cuenta las características que especifique el fabricante y realizándose la fijación con tornillos de acero inoxidable, y teniendo en cuenta que la distancia máxima entre soportes no podrá ser superior a 1.5 metros, existiendo un mínimo de dos soportes por bandeja.

Los soportes a emplear y las distancias de separación a guardar entre soportes serán los recomendados por el fabricante, teniendo en cuenta el peso a soportar para una ocupación del 100% del tramo de

canalización considerado. Los soportes se fijarán al tabique o paramento, así como al techo, con tacos y tornillos metálicos.

Se considera imprescindible en la instalación de las bandejas el uso de tornillos y tacos adecuados que expansionen completamente en el interior del tabique, a fin de garantizar la sujeción de los soportes con el tabique. Para ello, se recomienda el uso de taco FISCHER SX8 ref. 7000, taco de expansión de diámetro de 8 mm con cabeza que evita que se hunda en el orificio practicado en el tabique.

Vease figura 4.20.

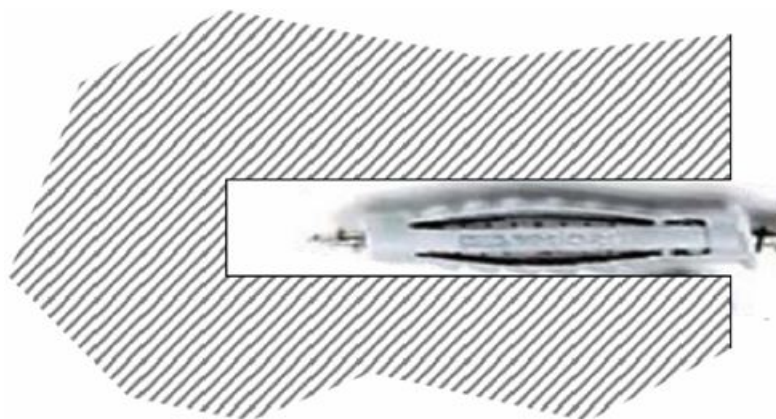


Figura 4.20: tornillo y taco empleados para la fijación de los soportes

Se deberá evitar el uso de varillas roscadas debido a la dificultad que supone la posterior instalación del cableado.

Por encima de las bandejas deberá existir un espacio libre de 15 cm como mínimo para facilitar las tareas de instalación y mantenimiento.

Antes de realizar el tendido de bandejas se deberá comprobar, por parte del instalador procedente de la empresa de albañilería subcontratada, que la constitución física del techo sobre los que se sustentarán o anclarán los soportes de las bandejas podrá soportar con plenas garantías el peso del cableado, suponiendo que la bandeja se ocupa al 100% de su capacidad. Tanto los soportes como las bandejas deberán instalarse perfectamente nivelados.

Las conducciones de cableado distribuidas por zonas comunes del edificio deberán seguir la separación indicadas en la tabla 4.3, para evitar la posible influencia sobre el cable de las emisiones electromagnéticas de los cables eléctricos y de la humedad en caso de fugas de las conducciones de agua.

Deberían seleccionarse e instalarse sistemas de administración de cableado para prevenir la transmisión longitudinal de ruido acústico.

Estará totalmente prohibido utilizar canalizaciones eléctricas para el tendido de cableado de telecomunicación.

Se deberá mantener alejado de los cables y tomas de telecomunicaciones, una distancia mínima de 50 cm. Otras fuentes de perturbación importantes como motores eléctricos, motores de ascensores, antenas de telecomunicaciones, entre otros.

Las bandejas emplearán los accesorios y complementos de unión, fijación y derivación correspondientes para conseguir un acabado de calidad.

Las uniones de los tramos rectos, derivaciones, esquinas, etc., de las bandejas se harán mediante una pieza de unión fijada con pasadores para absorber dilataciones, o con tornillos.

No se permite la manipulación del material cuando existan piezas específicas del fabricante para resolver la instalación.

Como alternativa al uso de bandejas, en zonas vistas se podrán emplear canaletas y en zonas ocultas tubo blindado o corrugado.

En las zonas vistas se mantendrá la uniformidad de los tramos completos de canalización, es decir, no se deberán producir modificaciones del modelo de canalización, sección, color, entre otros, a lo largo de todo el trayecto.

Los finales de canalización estarán cubiertos siempre con una tapa de final de tramo.

La nueva canalización a instalar, una vez instalados los correspondientes cables UTP de categoría 6, de al menos 50% de capacidad útil libre en los tramos distribuidos por zonas comunes, como pasillos, y de al menos un 30% de capacidad útil libre en los tramos distribuidos en el interior de las oficinas de trabajo. Si esta condición no se cumple deberá sustituirse el tramo de canalización afectado por una canalización de tamaño superior que permite cumplir el requisito anterior.

A efectos orientativos se muestran las capacidades de las canalizaciones troncales, en función del número de cables instalados. Vease la figura 4.21.

<b>Capacidad</b>			
<b>Máxima</b>			
<b>Media</b>			
<b>Mínima</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Nº cables para aplicación</b>	<b>Nº cables para capacidad sobrante</b>	<b>Nº cables máximos por capacidad</b>
Bandeja perforada 1500mmx200mm (largo x ancho)	68	232	300
	58	242	
	134	166	
	186	114	

Figura 4.21: Cantidad de cableado en bandejas de canalización

En color rojo se muestra la capacidad máxima admisible, en color amarillo la capacidad que permitiría ampliar en un 30% la cantidad de cableado hasta completar la canalización y en color verde el límite para cumplir el requisito de 50% de capacidad sobrante.

En el caso de utilizar tubo como medio de canalización en zonas comunes, se seguirá el mismo criterio de capacidad útil empleado para las bandejas y canales. Los tubos distribuidos por falso techo serán de tipo flexible corrugado, mientras que los que discurran por zonas vistas serán de tipo rígido de PVC.

El tendido de los tubos se realizará mediante sujeciones al techo de hormigón con los accesorios correspondientes prescritos por el fabricante, evitándose en todo momento que el tubo quede estrangulado o que existan tramos colgando, en el caso del tubo corrugado. La distancia máxima de separación entre soportes será la especificada por el fabricante, considerando el tramo del tubo con un 100% de ocupación.



Los tramos de tubo deberán disponer de cajas de registro como máximo cada 12 metros, así como en cada derivación. Las cajas de registro se anclarán sobre techo o tabique, serán lo suficientemente grandes como para respetar el radio mínimo de curvatura de los cables al ser instalado y deberán ser completamente accesibles a través de losetas o tapas de registro del falso techo.

El extremo del tubo se introducirá en la caja de registro y quedará encajado para que el cable quede protegido a lo largo de todo el trayecto.

Los tubos deberán emplear codos y curvas propios preformados, así como los elementos necesarios para el perfecto acabado de la instalación.

### **Canalización en el interior de oficinas de trabajo**

Desde las bandejas se accederá a los locales practicando un orificio en pared (en una zona próxima a la esquina del local más cercana a la caja de tomas), realizándose la entrada con canaleta o tubo de dimensiones adecuadas.

El orificio practicado deberá ser convenientemente arreglado con los materiales de obra necesarios (cemento, yeso, pintura, etc.) y se deberá evitar que los residuos o polvo generado al practicar o arreglar los orificios caigan sobre mobiliario, material informático, alfombras, etc.

En el interior de los locales se utilizarán preferentemente canaletas, que realizarán un tendido vertical por las aristas (esquinas) de las paredes hasta el rodapié, realizándose un tendido horizontal hasta la caja que alberga las tomas de telecomunicaciones a situar próxima al puesto de trabajo.

En el interior de los locales se utilizarán preferentemente canaletas, que realizarán un tendido vertical por las aristas (esquinas) de las paredes hasta el rodapié, realizándose un tendido horizontal hasta la caja de usuario a situar próxima al puesto de trabajo.

Las canaletas emplearán los elementos de soporte y fijación a pared especificados por el fabricante, así como los puentes de sujeción de cables, tabiques separador y otros accesorios propios del modelo de canaleta. También se deberán utilizar los elementos propios de derivación, curvas preformadas, uniones, esquinas, tapas de ajuste, etc. evitándose en todo momento que los cables sean vistos.

El montaje de las canaletas se realizará según las instrucciones del fabricante, incorporando la tapa adecuada para las dimensiones de la canaleta, y efectuándose el montaje de la misma sin deformaciones ni alabeos.

Tanto los soportes como las canaletas deberán instalarse perfectamente nivelados. La distancia máxima entre soportes será de 1 metro, existiendo como mínimo tres soportes por canal, fijados al tabique o paramento con tacos y tornillos.

Para la instalación de las canaletas se empleará el taco ref. 25106 de diámetro 6 mm, mientras que para molduras se empleará el taco para molduras ref. 25104 de diámetro 4 mm.

La caja que contiene las tomas de telecomunicaciones se ajustará perfectamente a la canaleta o al tubo rígido de PVC evitándose la separación entre ambos elementos.

El tendido de canaleta se efectuará preferentemente sobre paredes maestras, evitándose en la medida de lo posible tabiques susceptibles de modificación y paredes de tipo mampara, pladur o similar.

Las canaletas deberán disponer de tabique separador para separar cable eléctrico del cable de telecomunicaciones, destinándose el compartimiento inferior para el cable eléctrico y el superior para el

cableado UTP. En estos casos, se permitirá el tendido de cableado eléctrico por la misma canaleta de telecomunicaciones, siempre y cuando el recorrido en paralelo no supere los 15 metros. Para distancias superiores, el cableado eléctrico deberá estar apantallado.

Los finales de canalización estarán cubiertos siempre con una tapa de final de tramo.

Las capacidades de las canaletas y molduras de los locales, en función del número de cables instalados, se puede ver en la figura 4.22.

Capacidad			
Máxima			
Media			
Mínima			
Descripción	Nº cables para aplicación	Nº cables para capacidad sobrante	Nº cables máximos por capacidad
Canal 1500mmx200mm (largo x ancho)	68	232	300
	58	242	
	134	166	
	186	114	
Canal 800mmx200mm (largo x ancho)	25	89	114
Canal 2000mmx200mm (largo x ancho)	75	165	240
Canal 1800mmx200mm (largo x ancho)	50	170	220

Figura 4.22: Cantidad de cableado en canaletas en oficinas

En color rojo se muestra la capacidad máxima admisible, en color amarillo la capacidad que permitiría ampliar en un 30% la cantidad de cableado hasta completar la canalización y en color verde el límite para cumplir el requisito de 30% de capacidad sobrante.

Las tapas de las canalizaciones serán montadas una vez finalizado el tendido de cableado por las mismas. No obstante, en aquellos casos en los que durante el proceso de instalación el cableado pueda ser fácilmente accesible, entorpezca el acceso a las oficinas de trabajo o presente un tramo largo (más de 2 metros de cable) fuera de la canalización, deberá ser convenientemente colocado el cable en el interior de la canalización y ésta será tapada en los tramos afectados por éstas u otras incidencias.

En el caso de utilizar tubo como medio de canalización en locales, se seguirá el mismo criterio de capacidad útil empleado para las canales y molduras.

En zonas vistas se utilizará tubo rígido de PVC, que se tenderá por el techo de forma paralela a las paredes laterales del local, mientras que por las paredes se tenderá de forma perpendicular al suelo.

Los tubos deberán emplear codos y curvas propios preformados, así como los elementos necesarios para el perfecto acabado de la instalación.

La instalación de la canalización interior del local se completará totalmente, con sus remates correspondientes, pasantes, material de instalación, etc.

La instalación se realizará con el máximo esmero en cuanto a la colocación y acabado de la misma, no dañando los enseres y equipamiento de los locales y espacios donde se ejecute la obra. Cualquier deterioro que se produzca en los enseres y equipamiento mencionados, correrá con cargo del instalador.



#### 4.9.6 Acondicionamiento de pasos

##### Pasos en forjado

El tendido de cableado entre las diferentes plantas deberá efectuarse preferentemente a través de los patinillos preparados al efecto para la instalación de telecomunicaciones.

Los cables a tender a través de patinillos se alojarán en bandejas de PVC de dimensiones adecuadas, ubicadas en el techo, y que contarán con su tapa correspondiente para proteger adecuadamente los cables.

En caso de que los patinillos interiores estén saturados, el instalador deberá efectuar los pasos en el forjado necesarios para la distribución del cableado del subsistema vertical entre plantas desde los repartidores de Planta, hasta la planta en la que se sitúe el repartidor de Edificio. Estos pasos en el forjado se deberán realizar junto a paredes interiores del edificio, y a ser posible aprovechando esquinas y evitando que afecten a vigas o pilares del edificio. Así mismo, se procurará que dichos pasos sean por zonas comunes, para evitar afectar a las oficinas de trabajo de ambas torres del Edificio ZAL.

Los cables a tender a través de estas verticales o pasos de forjado se alojarán en tubos de acero de dimensiones adecuadas o canaleta metálica adosada a la pared mediante remaches o tornillos de acero, con el objeto de proteger adecuadamente los cables.

Antes de efectuar un paso del forjado, el instalador deberá contar con el permiso y aprobación por parte de la UPV/EHU (Servicio de Comunicaciones Telefónicas y Servicio de Arquitectura y Obras) para la ejecución del paso de forjado propuesto. Los orificios de paso de forjado en techo y suelo deberán perfectamente cubiertos por los tubos, canaleta metálica o bandeja de PVC, según el caso.

##### Pasos en tabique

El tendido del cableado horizontal desde las canalizaciones distribuidas por pasillos y/o zonas comunes hasta el interior de las oficinas de oficina se efectuarán a través de pasos en el tabique o pared colindante con el pasillo. Estos pasos se realizarán próximos la esquina de la oficina de trabajo más próxima a la ubicación de la caja de tomas de telecomunicaciones serán de las dimensiones adecuadas para el paso de los cables correspondientes, empleándose como elemento de unión entre la canalización troncal y el tabique una canaleta o tubo de dimensiones adecuados, que ocupen completamente el orificio practicado.

#### 4.9.7 Normas de rotulación

La correcta rotulación de rosetas, paneles, cables y canalizaciones revierten de manera fundamental en las tareas de utilización, mantenimiento y gestión del sistema de cableado, hasta el punto de que un sistema sin rotular, o mal rotulado es prácticamente inservible en la práctica.

La norma de calidad en la instalación de un cableado estructurado EN50174-1 recomienda que la ubicación de las rosetas de puesto en los paneles distribuidores se haga atendiendo a subzonas dentro del área horizontal cubierta. Esto asegura una presentación lógica en el panel armonizada con la distribución física de las tomas de telecomunicaciones en las áreas de trabajo, facilitando no solo la instalación, sino también la administración y reparaciones.

A continuación, pasaremos a ver las normas de rotulación seguidas para las cajas de telecomunicaciones,

paneles de control y canalizaciones.

### Normas de rotulación de las cajas

Para el sistema de cableado estructurado del edificio ZAL se hará uso de rosetas dobles, distribuidas por las oficinas existentes en las torres A y B.

La rotulación de cada roseta tendrá la siguiente información:

- ✓ Número de rack: rack donde se encuentra ubicado el repartidor de planta al que se conecta la roseta. La numeración de cada uno de los racks comienza en el R1, siguiendo consecutivamente (R2, R3,...).
- ✓ Número de patch-panel: identificación del patch-panel a donde se conecta el otro extremo del cable de datos que surge de cada una de las rosetas. La numeración de los patch-panel comienza en P1 (Patch-panel 1), y siguiendo consecutivamente (P2, P3,...). Decir que la numeración de los patch panels en cada uno de los racks comenzará en uno y llegará hasta el número de patch panels albergados en un mismo rack. Comenzando la numeración en uno para otro rack.
- ✓ Número de puerto del patch panel, comenzando por el 1 y siguiendo consecutivamente hasta llegar al 24, número de puertos de conexión existentes en uno de los patch ubicados en los racks.

Veamos un ejemplo. Una roseta conectada a la toma de telecomunicaciones 4 del patch-panel 2 del rack 1 tiene la rotulación que aparece en la figura 4.23.

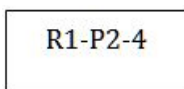


Figura 4.23: *Ejemplo de rotulación de una toma de telecomunicaciones*

Como cada una de las tomas de telecomunicaciones está contenida en cajas de superficie, los rótulos se ponen en la parte superior de cada una de las rosetas de la caja de superficie.

### Normas para la rotulación de los paneles distribuidores

#### Paneles del subsistema horizontal

Para hacer una distribución lógica y fácil de utilizar de las tomas de los paneles del sistema de cableado horizontal, las rosetas de planta se conectarán y etiquetarán al panel de la siguiente manera:

- ✓ Los patch panels serán etiquetados mediante numeración arábica, comenzando por el 1 y siguiendo correlativamente. Los puertos de cada patch panel también serán etiquetados con números arábigos, comenzando también por el 1 y llegando hasta 24 para cada uno de los patch panels. Así, P1-1 corresponderá al puerto 1 del P1.
- ✓ Los armarios que componen cada repartidor de planta darán servicio a tomas de telecomunicaciones que provienen de plantas diferentes. Para mantener un cierto orden lógico en el interior

del armario, se destinarán los patch panels superiores del armario de red a las tomas de telecomunicaciones que provengan de plantas superiores a en la que se encuentra el armario, los patch panels intermedios se destinarán a cableado que proviene de tomas que se encuentran en la misma planta que el armario de red. Por último, los patch panels inferiores se destinarán para aquellas tomas de telecomunicaciones que provienen de plantas inferiores con respecto a la ubicación del armario de red.

Decir que la conexión de cada patch panel con cada uno de los switch será de la siguiente forma: Los dos primeros patch panels con el primer switch, los dos siguientes patch panels con el segundo switch, así consecutivamente hasta terminar de conectar todos los patch panels.

Para los patch panels dedicados a conectar los repartidores de planta al cableado vertical, la forma de etiquetarlos será indicando el rack donde se conecta dicho cableado vertical, así como el patch panel de fibra óptica en el que se conecta, más el puerto del patch panel al que va conectado el par de hilos de fibra óptica.

#### Paneles del subsistema vertical

Los patch panels ubicados en el repartidor de edificio se rotularán haciendo uso de una numeración arábica correlativa, comenzando dicha numeración en el 1. Cada uno de los puertos de los patch panels también será numerado haciendo uso de una numeración arábica, comenzando ésta en el 1.

#### **4.9.8 Cualificación de los contratistas**

Los criterios exigibles y acreditables en cuanto a calidad y experiencia para aplicar a los diferentes ofertantes a la realización de la instalación son los siguientes:

- ✓ Experiencia en instalaciones y conocimiento de la normativa.
- ✓ Cualificación de los técnicos instaladores para la ejecución material de la obra.
- ✓ Otros requisitos exigibles por Administraciones Públicas.
- ✓ Conocimiento demostrable de las herramientas a emplear según el director de la obra.
- ✓ Conocimientos de instalación de equipos activos de red.

#### **4.9.9 Condiciones de certificación**

##### **Generalidades**

Una vez que se ha llevada a cabo la instalación del sistema de cableado estructurado, se entregará al gerente del Edificio ZAL unos planos en los que estarán recogidos tanto la ubicación definitiva como la nomenclatura utilizada en rosetas, armarios y canalizaciones.

La certificación del sistema de cableado estructurado del Edificio ZAL deberá ser realizada por una empresa de certificación oficial.

Con esta documentación unida al propio proyecto se procederá a realizar la certificación del sistema de cableado estructurado implantado en el Edificio ZAL. Dicho proceso comenzará con la verificación de

que todos los materiales instalados: cables, rosetas, paneles, armarios y canalizaciones, están correctamente rotulados y codificados, y se ajustan en cantidad y distribución a las especificaciones dadas en la memoria, planos y pliego de condiciones del proyecto.

A continuación, se procederá a verificar el 100% cada uno de los enlaces de cableado horizontal haciendo uso de un aparato de medida homologado y calibrado al efecto, debiéndose presentar el modelo de equipo y su fecha de última calibración. La aceptación de la infraestructura de cableado estará condicionada al cumplimiento de la Clase E por parte de todos los enlaces.

Existe en el mercado diversos equipos de certificación a los que se les reconoce la capacidad para realizar este tipo de mediciones, y se podrá utilizar cualquiera de ellos. El director de obra seleccionará el equipo de medida y debe ser comunicado y autorizado por gerente del edificio ZAL. Además, se exige la obligatoriedad del certificado de calibración del equipo de comprobación del que se deberá entregar una copia al encargado de telecomunicaciones del edificio ZAL.

Se realizarán tres tipos de certificaciones:

#### Certificación de subsistema horizontal

- ✓ Medidas en todos los enlaces/canales que componen un repartidor de planta.
- ✓ Se realizará por la dirección de obra inmediatamente después de la instalación de cada subsistema. Ante cualquier anomalía la instalación debe corregirse de forma inmediata por el instalador antes de seguir con el resto de repartidores de planta.

#### Certificación de Back-Bone

- ✓ Medida de todos los enlaces/canales entre subsistemas horizontales.
- ✓ Se realizará por la dirección de obra inmediatamente después de la instalación de todo el sistema vertical o troncal (back-bone). Ante cualquier anomalía de la instalación debe corregirse por el instalador de forma inmediata.

#### Certificación final

- ✓ Parámetros globales de toda la instalación con indicación de puntos críticos.
- ✓ Se realizará una vez concluida toda la instalación por la empresa o profesional designado por el encargado de telecomunicaciones del edificio ZAL.

"Pasa/No pasa"

La información de certificación se entregará en formato electrónico (CD-ROM), conjuntamente con la aplicación de visualización de las certificaciones.

Cada enlace certificado estará etiquetado con el número de toma.

### **Parámetros y medidas a realizar. Condiciones de medida**

Las tareas que se han de llevar a cabo en concepto de certificación abarcan la verificación de todos los parámetros descritos en la Memoria del proyecto y según el Pliego de Prescripciones Técnicas (Norma EN 50173-1:2002 y recomendaciones de EPHOS 2).

Dentro de las especificaciones de certificación, las medidas a realizar para cada enlace/ canal serán las siguientes:

- Parámetros primarios
  - Longitudes (ecometría).
  - Atenuación.
  - Paradiafonía (NEXT y PSNEXT).
  - Total de energía NEXT.
  - ACR.
  - Relación Atenuación/Paradiafonía (ACR).
  - Total de energía ACR.
  - Suma de la relación Atenuación /Paradiafonía (PSACR).
  - Relación Atenuación/ Telediafonía (ELFEXT y PSELFEXT).
- Parámetros secundarios
  - Impedancia característica.
  - Pérdidas de retorno.
  - Resistencia óhmica en continua.
- Otros parámetros
  - Retardo de propagación.
  - Retardo por torsión.
  - Diferencia de retardo.
  - Mapa de conexiones.

Para llevar a cabo la certificación de cada una de las tomas de telecomunicaciones, así como de los diversos enlaces que componen el sistema de cableado estructurado del edificio ZAL, se hará uso de la máquina certificadora, será necesario hacer uso de una máquina que sea capaz de medir todos los parámetros indicados anteriormente.

### **Formato de certificación**

el formato del documento de certificación será el que sigue.

DOCUMENTO DE CERTIFICACIÓN  
SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO

---

**A. Emplazamiento**

Calle, paseo, plaza, etc.	Nombre de la vía pública donde se encuentra la instalación	Número
Localidad, provincia y CP		

**B. Promotor**

Nombre y Apellidos o razón social		
Calle, paseo, plaza, etc.	Nombre de la vía pública donde se encuentra el domicilio	Número
Localidad, provincia y CP		Teléfono

**C. Instalador**

Nombre y Apellidos o razón social		
Calle, paseo, plaza, etc.	Nombre de la vía pública donde se encuentra el domicilio	Número
Localidad, provincia y CP		Teléfono

**D. Certificador**

Nombre y Apellidos o razón social		Número colegiado
Calle, paseo, plaza, etc.	Nombre de la vía pública donde se encuentra el domicilio	Número
Localidad, provincia y CP		Teléfono

**E. Características técnicas del sistema de cableado estructurado**

Indicar tipología del cableado (cable de pares, fibra óptica), modelo (UTP, FTP, STP, MM, SM), fabricante de los distintos elementos, número de tomas, ubicaciones y todos aquellos datos que permitan caracterizar el sistema.

**F. Esquema sinóptico del sistema de cableado estructurado**

## G. Resumen normativa técnica de obligado cumplimiento

- Normativa sobre cableado:
- Normativa sobre Compatibilidad Electromagnética:
- Normativa sobre Protección contra incendios:
- Otra normativa aplicable:

## H. Procedimiento de medida y equipo utilizado

- Las medidas han sido realizadas con un equipo.....número de serie.....calibrado por .....en.....fecha.....previamente a la certificación.
- Se han efectuado mediciones en ambos sentidos tal y como se recomienda en la normativa de certificación de cableado estructurado.
- Variables comprobadas:
- Los valores umbral considerables lo han sido en función de la norma EN50173 para enlaces/canales de clase E
- Se han realizado comprobaciones de los siguientes parámetros: sobre la estructura del sistema (topología), sobre los distribuidores (enlaces, número, ubicación, entorno de operación), rosetas (ubicación, densidad, etiquetado), instalación (tipología de medios de transmisión y procedimiento empleado), cableado (horizontal y vertical), prestaciones generales de los enlaces, administración del sistema y corrección funcional de la instalación.



**I. Incidencias detectadas en la instalación**

Incluir todas aquellas incidencias destacables sobre la ejecución y resultado final de la instalación tales como: identificación de elementos, seguridad física y eléctrica, disposición de elementos. Enumerar las incidencias aparecidas durante el proceso de certificación de los parámetros de transmisión.

Fecha de fin de la instalación:

**J. Resultado de la certificación**

Comprobar la instalación del cableado estructurado correspondiente a los emplazamientos indicados al comienzo de este documento se concluye, según el protocolo de pruebas, que:

- Por lo que respecta al material empleado, este cumple tanto las condiciones técnicas impuestas por la normativa EN 50173-1:2007, así como otras normativas aplicables en instalaciones de esta tipología.
- No existen anomalías graves que impidan la certificación final de la instalación, ya que todos los enlaces/canales se encuentran operativos a nivel de Clase E, según norma EN 50173-1:2007, tal y como se prescribía en el correspondiente pliego de condiciones regulador del concurso por el que se adjudicó la ejecución de este proyecto.

Por todo lo cual se emite la presente CERTIFIACIÓN de la instalación reseñada.

Fecha de Certificación:

Firmado

Visado COIT

**NOTA:** A este formulario se le anexarán las hojas de medidas extraídas del equipo de medida debidamente firmadas por el autor de la certificación.

#### 4.9.10 Condiciones adicionales de instalación

Las tareas de instalación deberán ser realizadas únicamente por VAR ("Value Added Reserller), SI ("System integrator") o empresas autorizadas y homologadas expresamente por el fabricante de cableado, siendo este último el que expedirá el correspondiente certificado de calidad.

Se contemplarán todos los materiales y accesorios de instalación necesarios para la completa finalización de la infraestructura de telecomunicaciones "llave en mano", es decir, perfectamente operativa y funcionando.

Las tomas de telecomunicaciones deberán disponer de las pegatinas identificativas de la Categoría 6. Estas pegatinas serán entregadas por el gerente del Edificio ZAL para que el instalador las pegue en los lugares correspondientes.

Será necesaria la subcontratación de una empresa de albañilería, para que lleve a cabo la construcción de todos los cuartos de equipos que van a ser necesarios, así instalación de las canalizaciones que se van a emplear para distribuir el cableado, rigiéndose por lo planos realizados por el ingeniero durante la fase de diseño. También, se deberá de llevar a cabo los remates de obra necesarios para el perfecto acabo de la instalación en consonancia con la estética del área afecta. Estos remates pueden ser pintados de la porción de superficie afectada con el mismo color del área circundante, relleno de orificios con cemento, entre otros.

Se debe cuidar que las áreas afectadas por las instalaciones necesarias a llevar a cabo queden limpias de restos de materiales, marcas de herramientas, huellas, etcétera, quedando todas las dependencias en perfectas condiciones.

En la ejecución de los trabajos de albañilería y distribución del cableado se deberá procurar no dañar otras instalaciones próximas y enseres existentes. En caso de desperfectos en las instalaciones se realizarán deducciones en el abono de la factura para afrontar la reparación de los daños propios o a terceros.

El instalador deberá cumplir y hallarse al corriente de las obligaciones que como empresa le incumbe en materia fiscal, laboral, de la Seguridad Social y de Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales.

### 4.10 Gestión del proyecto

El ingeniero al que se le ha encargado el diseño e implantación del sistema de cableado estructurado será el director del proyecto. Éste se encargará de comunicarse con el gerente del Edificio ZAL, determinando y concretando aspectos como la ubicación de los puestos de trabajo, el número de personas por oficina de trabajo, entre otros. También, el director de proyecto se encargará de llevar a cabo la subcontratación de la empresa de albañilería, que se encargará de construir los cuartos de equipos y de instalar las canalizaciones necesarias para distribuir el cableado por las torres A y B. también, será el encargado de subcontratar a la empresa instaladora del cableado, así como de subcontratar al certificador oficial que se encargará de certificar el sistema de cableado estructurado, una vez instalado en el edificio.

La comunicación escrita entre el director de proyecto y el gerente del Edificio ZAL se realizará por correo electrónico, con excepción de los documentos firmados, que se deberán intercambiar por fax y correo ordinario.

### 4.10.1 Reunión inicio del proyecto

El proyecto dará comienzo a partir de la celebración de la reunión de inicio del proyecto, que tendrá lugar en el despacho del gerente del Edificio ZAL, situado en la oficina B001 de la Torre B.

En la reunión de inicio del proyecto el gerente del Edificio ZAL explicará al ingeniero la necesidad existente en las torres A y B de dicho edificio. Indicará el número de empleados máximos por oficina de trabajo, así como una serie de indicaciones que ayudarán al ingeniero a diseñar los planos con los puestos de trabajo y las tomas de telecomunicaciones asignadas a los puestos de trabajo. El gerente del edificio también se encargará de indicar aspectos tales como la ubicación de los patinillos interiores, el número mínimo de tomas de telecomunicaciones que debe tener asignada un puesto de trabajo, así como cualquier aspecto que considere oportuno hacérselo saber al director del proyecto.

En la reunión de inicio del proyecto se entregará por parte del gerente del Edificio ZAL los planos del edificio. A partir de estos planos, complementados con los datos que obtenga en la visita de replanteo in-situ el ingeniero, se deberá de llevar a cabo un documento donde se recoja la fase de diseño llevada a cabo para este proyecto. El plazo máximo de entrega de este documento por parte del ingeniero al gerente del Edificio ZAL es de 20 días laborales, para su análisis y revisión. El gerente del Edificio ZAL podrá comunicar al ingeniero cualquier aspecto con el que no esté conforme, llevándose a cabo una revisión y posterior corrección, haciéndose entrega de la nueva versión en un plazo máximo de 5 días. Este proceso se repetirá tantas veces como sea necesario hasta alcanzar la conformidad de las dos partes implicadas, ingeniero y gerente del Edificio ZAL.

Una vez que el diseño es correcto, el ingeniero se reunirá con la empresa de albañilería subcontratada para explicarle la necesidad de construcción existente en la Torre A y B. se le hará entrega de los planos diseñados, en los que aparece la ubicación exacta del cuarto de equipos a construir, así como las canalizaciones que se deben instalar para poder distribuir el cableado por el interior de la Torre A y la Torre B del Edificio ZAL.

El ingeniero se encargará de reunirse con la empresa subcontratada dedicada a la instalación del cableado en ambas torres, para explicarle todos los aspectos a tener en cuenta. Se le hará entrega de los planos correspondientes en los que se plasman la distribución del cableado por la Torre A y la Torre B del Edificio ZAL.

### 4.10.2 Plan de implantación

El plan de implantación plasmado en el proyecto deberá haber sido consensuado con el gerente del Edificio ZAL.

Una vez que el ingeniero haya subcontratado a la empresa de albañilería y a la empresa de instalación del cableado, se deberá de proporcionar al gerente toda la información referida a estas empresas, así como el listado del personal (nombre completo, DNI y empresa a la que pertenece) destinado a la ejecución del proyecto en el Edificio ZAL, para poder llevar un control del personal que accede a dicho edificio.

### 4.10.3 Seguimiento del proyecto

El ingeniero al frente del proyecto deberá elaborar informes semanales sobre el avance del proyecto en los que se indiquen expresamente las posibles desviaciones temporales en la ejecución del mismo y las medidas correctoras a aplicar.

Además de los informes semanales, se podrán establecer reuniones de seguimiento periódico y/o de carácter extraordinario, al menos, entre el gerente del Edificio ZAL y el director del proyecto.

Para cada reunión se elaborará un acta de reunión en la que se expondrá el objeto de la reunión, la fecha y el lugar, los asistentes, los asuntos tratados, las acciones a realizar con sus responsables y fechas de finalización y las decisiones adoptadas.

Las actas de las reuniones serán redactadas por el ingeniero, director de proyecto, siendo enviadas en un plazo inferior a 48 horas al gerente del Edificio ZAL para su revisión, modificación, si fuese necesario, y aceptación. Las ambas serán firmadas por el gerente del Edificio ZAL y el ingeniero director del proyecto.

#### **4.10.4 Visitas de seguimiento**

El gerente del Edificio ZAL podrá convocar visitas de seguimiento in-situ de las instalaciones de ambas torres, A y B, para comprobar el estado de avance y tomar decisiones de diseño y/o ejecución.

Para cada visita de seguimiento se elaborará un acta de visita en la que se expondrá el objeto de la visita, la fecha y lugar, los asistentes y los asuntos tratados, las acciones a realizar con sus responsables y fechas de finalización y las decisiones adoptadas.

Las actas de las visitas serán redactadas por el ingeniero, director de proyecto, siendo enviadas en un plazo inferior a 48 horas al gerente del Edificio ZAL para su revisión, modificación, si fuese necesario, y aceptación. Las ambas serán firmadas por el gerente del Edificio ZAL y el ingeniero director del proyecto.

#### **4.10.5 Cambios del proyecto**

La instalación del proyecto se ajustará en todo momento a las necesidades reales del Edificio ZAL, permitiéndose ciertos cambios a lo largo del proyecto, como puede ser reubicación de tomas, nuevas necesidades de ampliación, etcétera.

Los cambios detectados deberán describirse en detalle, valorarse económicamente y notificarse al gerente del Edificio ZAL, con el objeto de obtener su aprobación o rechazo a la ejecución de los mismos. No se aceptarán cambios que se hayan realizado sin contar con la aprobación por escrito del gerente del Edificio ZAL.

#### **4.10.6 Incidencias del proyecto**

Las incidencias del proyecto son posibles problemas que se presentan durante la ejecución del proyecto, tanto propios de la empresa instaladora como ajenos a la misma, y que pueden ocasionar retrasos en la implantación del proyecto. Estas incidencias deberán ser documentadas por el ingeniero director del proyecto y notificadas al gerente del Edificio ZAL, indicándose las medidas correctivas a aplicar.

#### **4.10.7 Certificaciones parciales y finales**

El gerente del Edificio ZAL podrá solicitar certificaciones parciales de obra a lo largo del proyecto. Las certificaciones parciales comprenderán como mínimo la instalación completa, certificada, documentada

y en funcionamiento del área de telecomunicaciones cubierto por un repartidor de Planta, pudiéndose emitir la correspondiente factura, a petición del gerente del Edificio ZAL.

La certificación final de obra incluirá el alcance de toda la infraestructura de telecomunicaciones del Edificio ZAL, desglosada en los ítems correspondientes, y complementada con la documentación de fin de proyecto. Una vez que el gerente del Edificio ZAL que la infraestructura se encuentra en buen estado y con arreglo al proyecto y prescripciones previstas, se procederá a la elaboración y firma de acta de recepción de la instalación, pudiéndose añadir los reparos que se consideren necesarios y las fechas límites para la subsanación de los mismos.

#### 4.10.8 Documentación fin de proyecto

La documentación final de proyecto mínima a entregar por el instalador será la siguiente:

- ✓ Diseño de la infraestructura del cableado.
- ✓ Diseño de las canalizaciones para el cableado.
- ✓ Diseño de la ubicación de los cuartos de equipos.
- ✓ Alcance del suministro de materiales.
- ✓ Esquema topológico del subsistema horizontal y vertical.
- ✓ Planos de la ubicación de las tomas de telecomunicaciones.
- ✓ Planos de la distribución del cableado.
- ✓ Planos de la ubicación de los repartidores de Planta y del repartidor de Edificio.
- ✓ Esquemas de distribución de los armarios de red, con indicación expresa del número de Us ocupadas y disponibles en cada armario, así como el reparto de Us entre los diferentes componentes dentro de cada armario.
- ✓ Resultado de las pruebas definitivas de certificación de la instalación adjuntando medidas del cableado horizontal, valores de los parámetros del cable y su cumplimiento de la Clase E, medidas de atenuación y reflectometrías de fibra óptica.
- ✓ Descripción y características de los materiales empleados.
- ✓ Certificados de cumplimiento por parte de los elementos de cableado de las normativas prescriptas.
- ✓ Certificado de garantía del cableado, expedido por el fabricante.
- ✓ Manual de uso y mantenimiento de la infraestructura de telecomunicaciones.

Toda la documentación se entregará en carpetas en soporte papel y soporte magnético (CD-ROM).

Los planos de cada planta de edificio se entregarán en formato DIN-A2, en color y en soporte magnético (CD-ROM). Se deberá especificar la escala real empleada en el plano impreso. Estos planos deberán presentarse actualizados con las posibles modificaciones de los tabiques y locales que existan respecto a los planos iniciales del Edificio ZAL.

Los planos se entregarán doblados según establece la norma para ocupar un tamaño DIN-A4.

Las certificaciones del cableado horizontal se entregarán en soporte magnético junto con el programa de visualización de las mallas, que permitirá comprobar fácilmente el resultado de la certificación, la lectura de la longitud de cada enlace, los valores de los parámetros según Clase E, etcétera.

La documentación y los planos será realizada haciendo uso de las siguientes herramientas:

- Sistema de composición de textos  $\text{\LaTeX}$ .
- Programa de diseño de distribución libre *DraSight*, empleado para realizar los planos (CAD) necesarios para el proyecto.
- Hoja de cálculo *Open office Calc*, empleada para realizar los cálculos referentes al presupuesto del proyecto.
- Programa de diseño *Dia*, utilizado para realizar los esquema lógico y físico del sistema de cableado estructurado del Edificio ZAL.

El gerente del Edificio se reserva un plazo de una semana para aceptar la documentación como definitiva.

## 4.11 Plan aseguramiento de la calidad

La instalación de la infraestructura de cableado deberá llevarse a cabo por personal competente para lo cual se deberán presentar por parte del instalador evidencias documentales, como p. ej. diplomas de formación, certificados de instalador homologado por el fabricante de cableado, etcétera.

En la documentación del proyecto se incluirán las certificaciones de la instalación de los diferentes sistemas, así como la conformidad de los equipos y de las instalaciones con las normativas vigentes referentes a seguridad y compatibilidad electromagnética especificadas para cada sistema.

La recepción de las diferentes actividades realizadas tanto por la empresa de albañilería como la empresa instaladora del cableado, requerirán la previa superación de un conjunto de validaciones, mediciones y pruebas. La realización de dichas pruebas correrán a cargo de la empresa adjudicataria y deberá incluirse en soporte magnético e impreso como parte de la documentación.

Las pruebas mínimas a efectuar sobre el conjunto de la instalación serán siguientes:

- ✓ Cableado UTP: Se realizarán las medidas del cableado UTP categoría 6, siguiendo especificaciones establecidas en la norma de certificación y testeo EN 2002, debiéndose cumplir en todos los casos los valores de los parámetros enlace Clase E especificados en la norma EN 50173:2002.
- ✓ Fibra óptica: Mediciones de atenuación en cada fibra óptica en la ventana 850nm. para fibras multimodo.

El gerente del Edificio ZAL podrá establecer un plan de inspección in-situ para chequear diferentes elementos de la instalación, como fase previa a la recepción de la obra.

En dicho plan de inspección se comprobarán diversos aspectos de la instalación seleccionados aleatoriamente (muestreo), como p. ej. certificación de diferentes tomas, inspección de la instalación de canalización y cableado en varios locales, inspección de varios tramos de canalización troncal, etc.

Si existiera alguna deficiencia en la instalación, el adjudicatario justificará documentalmente tal hecho y subsanará de forma inmediata todas las deficiencias observadas.

Se realizarán todas las pruebas de servicio que sean precisas conforme a lo indicado por el ingeniero director del proyecto.

## 4.12 Garantía y soporte post-venta

La garantía de la instalación global será de dos años mínimo, a partir de la recepción provisional positiva de la totalidad del sistema. La garantía incluirá durante todo el periodo la reparación y sustitución de componentes, con intervención de personal técnico in-situ, con un tiempo de respuesta máximo de 24 horas a contar desde la notificación formal de la avería.

La empresa instaladora debe comprometerse a subsanar cualquier vicio oculto de la instalación y de los equipos sin cargo alguno para el Edificio ZAL.

La empresa de albañilería se comprometerá a garantizar durante el periodo de vida útil de los elementos, que no será menor de 5 años, el suministro de recambios idénticos o compatibles de todos y cada uno de los componentes que formen parte de la instalación original.

Los elementos pasivos del sistema de cableado estructurado deberán estar garantizados durante un periodo de 20 años mínimo. Una vez cumplido el período de garantía in-situ ofrecido por la empresa instaladora del cableado (mínimo 2 años), se entiende que la mano de obra por la sustitución no se encontrará contemplada dentro de la garantía ofrecida por el fabricante de cableado.

Por otra parte, se especificará las garantías ofrecidas para otros aspectos de la instalación (equipos, instalación, etcétera).





## Capítulo 5

# Estado de Mediciones

En este capítulo se llevará a cabo un estudio de la cantidad de materiales necesarios a emplear para el sistema de cableado estructurado. Se estudiará el número de metros de cableado balanceado necesario, así como el número de tomas de telecomunicaciones, canalizaciones, entre otros. En los siguientes apartados se llevará a cabo estos cálculos de manera exhaustiva para cada uno de los componentes necesarios.

### 5.1 Cableado balanceado

#### 5.1.1 Subsistema de cableado horizontal

Como se ha indicado en capítulos anteriores de este proyecto, el cableado balanceado Categoría 6 UTP se empleará para el subsistema de cableado horizontal.

Para calcular el número total de metros necesarios de este cableado se ha realizado un estudio oficina por oficina, llevando a cabo acotaciones sobre los planos de la Torre A y la Torre B, para poder conocer de esta forma el número de metros empleados. Estos datos serán recogidos en una tabla.

Para apoyar gráficamente los cálculos que he realizado, en el capítulo "Conjunto de Planos", [8](#), se puede ver gráficamente cada una de las oficina, con las tomas de telecomunicaciones y el cableado distribuido por el interior de éstas. Los valores que aparecen han sido obtenidos gracias a las acotaciones realizadas sobre el plano real.

Se indicará por cada oficina el número de metros que es necesario añadir, correspondiente a la distancia existente entre la oficina y el Repartidor de Planta al que se conecta incluyendo, si fuera necesario, el número de metros correspondientes a la separación existente entre plantas de ambas torres.

Comenzaré el cálculo de metros de cableado balanceado para la Torre B. Vease tabla, [5.1](#).

El total de metros de cableado balanceado de Categoría 6 UTP empleados en la Torre B es de 9859.1 m, redondeándolo quedaría en 9860 m.

A continuación, pasaré a calcular el número de metros de cableado balanceado de Categoría 6 UTP empleados en la Torre A. Vease la tabla, [5.3](#).

Una vez calculado los metros de cableado balanceado, Categoría 6 UTP, para ambas torres, el número total de metros para el subsistema de cableado horizontal es de **18451 metros**, sin tener en cuenta

Tabla 5.1: Metros de cable UTP, Torre B

Torre B	
Número de oficina	Metros de cable UTP
Planta Baja	
Oficina B001	126.58 m
Oficina B002	63.44 m
Oficina B003	182.30 m
Oficina B004	221.64 m
Oficina B006	188.14 m
Secretaría	226.26 m
<b>Subtotal</b>	<b>1642.76 m</b>
Planta Primera	
Oficina B101	352.88 m
Oficina B102	144.48 m
Oficina B103	238.04 m
Oficina B104	373.07 m
Oficina B105	245.84 m
Oficina B108	144 m
Oficina B109	244.50 m
Oficina B110	151.40 m
Oficina B111	332.96 m
Oficina B112	363.45 m
Oficina B113	523.48 m
Oficina B114	212.22 m
Oficina B115	382.44 m
Oficina B116	77.40 m
<b>Subtotal</b>	<b>4087.54 m</b>
Planta Segunda	
Oficina B201	220.14 m
Oficina B202	117.84 m
Oficina B203	262.04 m
Oficina B205	410.84 m
Oficina B207	249.06 m
Oficina B208	120.51 m
Oficina B209	248.50 m
Oficina B210	275.40 m
Oficina B211	262.96 m
Oficina B212	339.50 m
Oficina B213	559.48 m
Oficina B214	224.21 m
Oficina B215	406.44 m
Oficina B216	82.40 m
Oficina B217	247.48 m
<b>Subtotal</b>	<b>4128.80 m</b>
<b>Total</b>	<b>9859.10 m</b>

Tabla 5.3: Metros de cable UTP, Torre A

Torre A	
Número de oficina	Metros de cable UTP
<b>Planta Baja</b>	
Salón de actos	54.82 m
<b>Subtotal</b>	<b>54.82 m</b>
<b>Planta Primera</b>	
Oficina A102	212.70 m
Oficina A103	105.84 m
Oficina A104	501.28 m
Oficina A105	199.70 m
Oficina A106	90.52 m
Oficina A107	224.12 m
Oficina A108	193.22 m
Oficina A109	147.38 m
<b>Subtotal</b>	<b>1674.76 m</b>
<b>Planta Segunda</b>	
Oficina A202	181.92 m
Oficina A203	87.84 m
Oficina A204	279.50 m
Oficina A205	181.70 m
Oficina A206	72.52 m
Oficina A207	129.38 m
Oficina A208	151.46 m
Oficina A209	175.22 m
<b>Subtotal</b>	<b>1259.54 m</b>
<b>Planta Tercera</b>	
Oficina A302	212.70 m
Oficina A303	105.84 m
Oficina A304	309.50 m
Oficina A305	199.70 m
Oficina A306	90.52 m
Oficina A307	224.12 m
Oficina A308	193.22 m
Oficina A309	147.38 m
<b>Subtotal</b>	<b>1482.98 m</b>
<b>Planta Cuarta</b>	
Oficina A402	241.92 m
Oficina A403	105.84 m
Oficina A404	309.50 m
Oficina A405	199.70 m
Oficina A406	90.52 m
Oficina A407	193.22 m
Oficina A408	169.46 m
Oficina A409	147.38 m
<b>Subtotal</b>	<b>1457.54 m</b>

Número de oficina	Metros de cable UTP
<b>Planta Quinta</b>	
Oficina A502	181.92 m
Oficina A503	87.84 m
Oficina A504	279.50 m
Oficina A505	181.70 m
Oficina A506	72.52 m
Oficina A507	175.22 m
Oficina A508	151.46 m
Oficina A509	129.38 m
<b>Subtotal</b>	<b>1259.54 m</b>
<b>Planta Sexta</b>	
Oficina A602	211.92 m
Oficina A603	105.84 m
Oficina A604	307.50 m
Oficina A605	199.70 m
Oficina A606	90.52 m
Oficina A607	147.38 m
Oficina A608	169.46 m
Oficina A609	193.22 m
<b>Subtotal</b>	<b>1457.54 m</b>
<b>Total</b>	<b>8591.90 m</b>

los metros de latiguillo como se indica en la norma EN 50173-1:2007. Vease la tabla 5.6.

Tabla 5.6: *Metros totales cableado UTP*

<b>Cableado UTP</b>	
Sección de cableado	Número metros
Subsistema de cableado horizontal	<b>18451 metros</b>

## 5.2 Cableado de fibra óptica

### 5.2.1 Subsistema de cableado vertical

Como se ha explicado en varios capítulos anteriores, para el subsistema de cableado vertical se hará uso de cableado de fibra óptica, Categoría OM3, Clase OF-300, por los motivos que se exponen en el apartado "*Soluciones*", 1.5.

Este cableado se empleará para interconectar cada uno de los switches ubicados en los tres Repartidores de Planta con los switches ubicados en el Repartidor de Edificio. Por cada switch ubicado en cada Repartidor de Planta se emplean dos hilos de fibra óptica, con las especificaciones indicadas anteriormente.

En la tabla 5.8 se recogerá el número de metros de fibra óptica necesarios para cada uno de los hilos usado en cada switch:

Tabla 5.8: *Subsistema de cableado vertical*

Ubicación Repartidor Planta	Metros de cable
Repartidor Planta, Planta 1 <sup>a</sup> , Torre B	1021.12 m
Repartidor Planta, Planta 2 <sup>a</sup> , Torre A	122.16 m
Repartidor Planta, Planta 5 <sup>a</sup> , Torre A	194.16 m
<b>Total</b>	<b>1337.44 m <math>\simeq</math> 1338 m</b>

Será necesario adquirir 1338 metros de fibra óptica, Categoría OM3, Clase OF-300, para el subsistema de cableado vertical del sistema de cableado estructurado, implantado en el Edificio ZAL.

### 5.3 Componentes Subsistema cableado horizontal

A parte del cableado balanceado, el subsistema de cableado horizontal está compuesto de otros componentes necesarios. Éstos son:

- ✓ Caja para albergar tomas de telecomunicaciones.
- ✓ Tomas de telecomunicaciones.
- ✓ Conectores.
- ✓ Canaletas para el interior de las oficinas.
- ✓ Accesorios de acabados para canaletas de oficinas.
- ✓ Bandejas para distribución del cableado por zonas comunes del edificio.
- ✓ Etiquetas para las tomas de telecomunicaciones.
- ✓ Herramientas de electricista.
- ✓ Herramientas de telecomunicaciones.
- ✓ Herramientas y materiales albañilería.
- ✓ Mano de obra electricistas.
- ✓ Mano de obra albañiles.

#### 5.3.1 Cajas

Las cajas se emplearán para albergar las tomas de telecomunicaciones distribuidas por ambas torres del Edificio ZAL. Como se indicó en el capítulo "*Pliego de Condiciones*", 4, las cajas tendrán guarda polvos, cubriendo cada toma de telecomunicaciones en caso de que no haya ningún equipo conectado a ella.

Observando en los planos de cada planta de ambas torres, podemos determinar el número de cajas necesarias. Esta información se recogerá en la tabla 5.10.

Tabla 5.10: Cajas para tomas de telecomunicaciones

Caja	
Planta	Cantidad
<b>Torre B</b>	
Torre B, Planta Baja	27 cajas
Torre B, Planta Primera	67 cajas
Torre B, Planta Segunda	66 cajas
<b>Torre A</b>	
Torre A, Planta Baja	2 cajas
Torre A, Planta Primera	34 cajas
Torre A, Planta Segunda	28 cajas
Torre A, Planta Tercera	29 cajas
Torre A, Planta Cuarta	28 cajas
Torre A, Planta Quinta	29 cajas
Torre A, Planta Sexta	28 cajas
<b>Total</b>	<b>338 cajas</b>

### 5.3.2 Tomas de telecomunicaciones

Para el cableado balanceado en el subsistema de cableado horizontal, así como para los latiguillos de parcheo, se emplearán conectores RJ 45 hembra para las tomas de telecomunicaciones. Por cada una de las cajas contadas anteriormente, se albergan dos tomas de telecomunicaciones. El número de tomas de telecomunicaciones necesarias será el doble del número de cajas empleadas. Esta cantidad es igual a 676 tomas de telecomunicaciones. Vease la tabla 5.12.

Tabla 5.12: Tomas telecomunicaciones

Tomas telecomunicaciones	
Tipo	Cantidad
RJ 45 hembra	676 tomas
<b>Total</b>	<b>676 tomas</b>

### 5.3.3 Conectores

Para el cableado balanceado Categoría 6 UTP se emplearán conectores RJ 45 macho. Cada segmento de cable tendrá este tipo de conector en cada uno de sus extremos.

En la tabla 5.14, se recoge el número de segmentos de cableado balanceado Categoría 6 UTP, así como el número de conectores necesarios emplear para la Torre A y la Torre B.

Tabla 5.14: *Conectores*

Conectores		
Ubicación	Número segmentos	Número conectores RJ45
Torre A		
Planta baja	4 segmentos	8 conectores
Planta primera	68 segmentos	136 conectores
Planta segunda	56 segmentos	112 conectores
Planta tercera	58 segmentos	116 conectores
Planta cuarta	56 segmentos	112 conectores
Planta quinta	58 segmentos	116 conectores
Planta sexta	56 segmentos	112 conectores
<b>Subtotal</b>		<b>712 conectores</b>

Será necesario disponer de 1352 conectores RJ 45 para todos los segmentos de cable existentes.

### 5.3.4 Canaletas para el interior de las oficinas

Para distribuir el cableado horizontal por el interior de las oficinas, se debe hacer uso de canaletas de PVC. Se emplearán canaletas del fabricante **UNEX**. Se debe emplear un tipo de canaletas, con las siguientes características:

Canaleta de  $30mm \times 60mm$  (ancho x alto)

En la tabla 5.17 se recoge el número de unidades empleadas de los tres tipos anteriores, para cada una de las dos torres, A y B.

### 5.3.5 Accesorios para canaletas de oficinas

Las canaletas distribuidas por las oficinas de ambas torres necesitan hacer uso de una serie de accesorios para su correcta distribución y acabado. Éstos son:

- ✓ Ángulos interiores.
- ✓ Ángulos exteriores.
- ✓ Tapa final.

La cantidad empleada de estos accesorios por torre puede verse en la tabla 5.19.

Conectores		
Ubicación	Número segmentos	Número conectores RJ45
Torre B		
Planta Baja	54 segmentos	108 conectores
Planta Primera	134 segmentos	268 conectores
Planta Segunda	132 segmentos	264 conectores
<b>Subtotal</b>		<b>640 conectores</b>
<b>Total</b>		<b>1352 conectores RJ45</b>

Tabla 5.17: *Canaletas*

Canaletas	
Tipo canaleta	Metros
<b>Torre A</b>	
Canaleta 30mmx60mm	737 metros
<b>Torre B</b>	
Canaleta 30mmx60mm	881 metros
<b>Totales</b>	
<b>Total Canaleta 30mmx60mm</b>	<b>1618 metros</b>

Tabla 5.19: *accesorios canaletas*

Canaletas		
Accesorio	Torre A	Torre B
Ángulo interior	60 unidades	66 unidades
Ángulo exterior	54 unidades	32 unidades
Tapa final	54 unidades	46 unidades

### 5.3.6 Bandejas distribución del cableado

Para distribuir el cableado del subsistema de cableado horizontal por zonas comunes de ambas torres, como son los pasillos de éstas, se debe emplear bandejas de acero atornilladas al techo, con soportes para la sujeción de éstas. Por cada tramo de bandeja se emplearán 2 soportes atornillados al techo.

En la tabla 5.21 se recoge el número de tramos necesarios para el distribuir el cableado del subsistema de cableado horizontal por ambas torres. También, se incluye el número de soportes.

Tabla 5.21: *Bandejas para distribución del cableado*

Bandejas para distribución del cableado		
Torre	Número de tramos	Número de soportes(2 soportes/tramo)
Torre A	140 tramos	280 soportes
Torre B	127 tramos	254 soportes
<b>Total</b>	<b>267 tramos</b>	<b>534 soportes</b>

### 5.3.7 Etiquetas para tomas de telecomunicaciones

Para poder determinar a qué puerto de patch panel se conecta cada una de las tomas de telecomunicaciones distribuidas por los espacios de trabajo es necesario emplear etiquetas adhesivas.

Para determinar el número de etiquetas a emplear basta con determinar el número de cajas existentes en ambas torres, empleadas para albergar las tomas de telecomunicaciones. Para cada una de estas cajas se emplearán dos etiquetas, una por cada toma de telecomunicaciones.

Como se calculó anteriormente, el número total de cajas para ambas torres del Edificio ZAL es de 338 cajas. Por lo tanto, el número de etiquetas a emplear es de 676 etiquetas. Vease tabla 5.23.

Etiquetas para tomas de telecomunicaciones	
Torre A	676 unidades



### 5.3.8 Herramientas de electricista

Para llevar a cabo la instalación del cableado balanceado es necesario que el personal subcontratado para dicha tarea haga uso de herramientas específicas. Éstas serán proporcionadas por la empresa a la que pertenezca el personal cualificado. Los materiales de electricista a utilizar son los siguientes:

- ✓ Tijeras pelacables con mango con envoltura de goma.
- ✓ Guantes aislantes.
- ✓ Alicates con mango con envoltura de goma.
- ✓ Cinta aislante.
- ✓ Etiquetas para etiquetado de mazos de cableado.
- ✓ Impresora térmica para impresión de etiquetas.
- ✓ Equipo EPI (Equipo Protección Individual): zapatos de seguridad, gafas de seguridad y mono de trabajo.
- ✓ Polímetro.

### 5.3.9 Herramientas de telecomunicaciones

Además de las herramientas indicadas anteriormente, el equipo electricista cualificado deberá emplear las siguientes herramientas, correspondiente a aspectos relacionados con las telecomunicaciones:

- ✓ Crimpadora: herramienta empleada para la unión de conectores a cada uno de los extremos de los segmentos de cableado balanceado. Vease [5.1](#).
- ✓ Tester: Equipo empleado para la comprobación de cada uno de los conectores, verificando el correcto funcionamiento del segmento. Vease [5.2](#).



Figura 5.1: *Crimpadora para RJ45 AF*

Cada una de estas herramientas será proporcionada por la empresa de electricidad encargada de llevar a cabo la distribución del cableado balanceado.

Figura 5.2: *Tester para cable UTP*

### 5.3.10 Herramientas y materiales de albañilería

Para llevar a cabo la construcción de los cuartos de equipos, así como la instalación de las bandejas y canaletas, la empresa de albañilería subcontratada debe hacer uso de una serie de materiales y consumibles, así como herramientas. Las herramientas y materiales serán proporcionados por la propia empresa de albañilería, pero los materiales y componentes a emplear deberán ser pagados por el gerente del Edificio ZAL.

Las herramientas básicas que necesitarán los trabajadores de la empresa de albañilería son:

- EPIs: Botas de seguridad, casco de seguridad, gafas de seguridad y mono de trabajo.
- Destornilladores, cutters, martillo, taladro, brocas, niveles, metro, sierra eléctrica, bridas, entre otros.

Para la construcción de los cuartos de equipos, ubicados en la segunda y quinta planta del Edificio ZAL, la empresa ha indicado que empleará los siguientes materiales:

#### Tabique de pladur ignifugo

Formado por una placa de 15mm de espesor atornillada a cada lado de una estructura metálica de acero galvanizado de canales horizontales y montantes verticales de 70 mm y 0.6 mm de espesor con una modulación de 600 mm e/e. Incluido aislamiento en interior del tabique, formado por panel semirrígido de lana de roca, modelo Confortpan 208 Roxul. Densidad 30 kg/m<sup>3</sup>.

Se deberá emplear 20 m<sup>2</sup> para los cuartos de equipos de la Torre A y 22 m<sup>2</sup> para el cuarto de equipos de la Torre B. Vease tabla 5.25.

Tabla 5.25: *Tabique pladur ignifugo*

Tabique pladur ignifugo	
Local	Metros cuadrados
Cuarto equipos, 1ª Planta, Torre B	22m <sup>2</sup>
Cuarto equipos, 2ª Planta, Torre A	20m <sup>2</sup>
Cuarto equipos, 5ª Planta, Torre A	20m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>62m<sup>2</sup></b>

de acero galvanizado de 38 mm de altura y 24 mm de base. La instalación se llevará a cabo por un distribuidor homologado por el fabricante. Vease la tabla 5.27.

Tabla 5.27: *Techo de fibra*

Techo fibra	
Local	Metros cuadrados
Cuarto equipos, 1ª Planta, Torre B	$6,60m^2$
Cuarto de equipos, 2ª Planta, Torre A	$6,55m^2$
Cuarto de equipos, 5ª Planta, Torre A	$6,55m^2$
<b>Total</b>	$19,7m^2 \simeq 20m^2$

### Panel acústico autoportante

Panel acústico autoportante en lana de roca volcánica, revestido por dos caras por un complejo kraft-aluminio, aplicado sobre falsos techos, entre el forjado del techo, con objeto de obtener una fuerte reducción del ruido generado por los equipos alojados en el interior de los locales. Vease tabla 5.29.

Tabla 5.29: *Panel acústico*

Panel Acústico	
Local	Metros cuadrados
Cuarto de equipos, 1ª Planta, Torre B	$6,60m^2$
Cuarto de equipos, 2ª Planta, Torre A	$6,55m^2$
Cuarto de equipos, 5ª Planta, Torre A	$6,55m^2$
<b>Total</b>	$19,7m^2 \simeq 20m^2$

Además de los materiales anteriormente indicados, los albañiles también harían uso de las canaletas y bandejas, para distribuir el cableado por el interior de las oficinas y por las zonas comunes, hasta los cuartos de equipos correspondientes.

#### 5.3.11 Mano de obra electricistas

El cableado balanceado perteneciente al subsistema de cableado horizontal se ha distribuido se distribuirá en ambas torres en un plazo de 10 días laborales, en caso de que no surja ningún imprevisto o retraso.

La jornada laboral de cada trabajador es completa, es decir, 8 horas laborales diarias y 40 horas semanales. Además, a cada trabajador se le deberá pagar el desplazamiento hasta el Edificio ZAL desde la ubicación física de la empresa a la que pertenecen los electricistas. Cada kilómetro se paga a 0,19€. La empresa subcontratada se encuentra ubicada en Chiclana de la Frontera. El número de kilómetros existentes entre el Edificio ZAL y la ciudad de Chiclana de la Frontera es de  $79,4km \simeq 80 km$ .

El total de horas trabajadas por cada uno de los trabajadores de la empresa de electricidad es de 8 horas/diarias x 10 días, 80 horas trabajadas. Siendo tres los trabajadores encargados de la instalación del cableado balanceado, el número de horas es igual a **240** horas.

En cuanto al kilometraje a pagar, habrá que pagar un total de **240 km**.

Vease la tabla 5.31.

Tabla 5.31: *Mano de obra electricistas*

Mano de obra electricistas	
Número de horas trabajadas(3 trabajadores)	<b>240 horas</b>
Kilometraje(3 trabajadores)	<b>240 km</b>

### 5.3.12 Mano de obra albañiles

Para la realización de la obra civil necesaria en el interior del Edificio ZA, la empresa de albañilería contratada empleará 30 días laborales, siguiendo una ejecución normal del proyecto. En esta obra civil trabajarán 3 trabajadores de la empresa de albañilería, uno de ellos teniendo potestad para validar la obra una vez realizada.

Los trabajadores realizan jornadas laborales completas, 8 horas diarias, 5 horas a la semana. También, sería necesario pagar el kilometraje por el transporte de los trabajadores desde la empresa hasta el Edificio ZAL. La empresa está ubicada en Cádiz. El número de kilómetros que separan a Cádiz del Edificio ZAL es 112 km.

Vease tabla 5.33.

Tabla 5.33: *Mano de obra albañiles*

Mano de obra albañiles	
Número de horas trabajadas(3 trabajadores)	<b>720 horas</b>
Kilometraje(3 trabajadores)	<b>336 km</b>

Decir que en el número de horas indicadas anteriormente se incluye las horas invertidas para instalar las bandejas empleadas en las canalizaciones del cableado vertical.

## 5.4 Componentes subsistema cableado vertical

A parte del cableado balanceado, el subsistema de cableado horizontal está compuesto de otros componentes necesarios. Éstos son:

- ✓ Conectores.
- ✓ Canalizaciones para distribución de cableado de fibra óptica.
- ✓ Herramientas de telecomunicaciones.
- ✓ Mano de obra electricistas.

### 5.4.1 conectores

Para el cableado de fibra óptica se emplearán dos tipos de conectores, conectores LC y conectores SC. Para el extremo de hilo de fibra óptica ubicado en el Repartidor de Planta, se empleará conector de tipo LC. Para el extremo de hilo de fibra óptica ubicado en Repartidor de Edificio se empleará conector de tipo SC.

Del Repartidor de Planta ubicado en la 1ª planta de la Torre B, salen 28 hilos de fibra óptica. En el extremo de dicho repartidor los hilos tendrán conectores de tipo LC.

Del Repartidor de Planta ubicado en la 2ª planta de la Torre A, salen 16 hilos de fibra óptica. En el extremo de dicho repartidor los hilos tendrán conectores de tipo LC.

Del Repartidor de Planta ubicado en la 5ª planta de la Torre A, salen 16 hilos de fibra óptica. En el extremo de dicho repartidor los hilos tendrán conectores de tipo LC. Los 60 hilos de fibra óptica que llegan al Repartidor de Edificio tendrán conectores de tipo SC.

Vease tabla 5.35.

Tabla 5.35: *Conectores*

Conectores fibra óptica	
Ubicación extremo de cable	Cantidad y tipo de conector
Repartidor Planta, 1ª Planta, Torre B	28 conectores LC
Repartidor Planta, 2ª Planta, Torre A	16 conectores LC
Repartidor Planta, 5ª Planta, Torre A	16 conectores LC
<b>Total conectores LC</b>	<b>60 conectores LC</b>
Repartidor de Edificio, Planta Baja, Torre A	60 conectores SC
<b>Total conectores SC</b>	<b>60 conectores SC</b>

### 5.4.2 Canalizaciones para distribución cableado fibra óptica

Para el cableado vertical de fibra óptica del Edificio ZAL se emplearán dos medios de canalización. Uno de ellos son los patinillos interiores. Éstos han sido construidos durante la construcción del edificio.

El otro medio de canalización del cableado se corresponde con las bandejas distribuidas por el techo de las zonas comunes. Se emplearán un total de 34 tramos de bandejas. Además, por cada tramo de bandeja se emplearán dos soportes para sujetar las bandejas en el techo.

Vease tabla 5.37.

Tabla 5.37: *Bandejas canalizaciones fibra óptica*

Bandejas canalizaciones fibra óptica	
<b>Tramos bandejas</b>	<b>34 tramos</b>
<b>Soportes bandejas</b>	<b>68 tramos</b>

### 5.4.3 Herramientas de telecomunicaciones

Para llevar a cabo la instalación del cableado balanceado es necesario que el personal subcontratado para dicha tarea haga uso de herramientas específicas. Éstas serán proporcionadas por la empresa a la que pertenezca el personal cualificado. Los materiales de electricista a utilizar son los siguientes:

- ✓ Cortadora de fibra óptica.
- ✓ Empalmadora de fibra óptica.
- ✓ Disco para pulido de fibra óptica.
- ✓ Pinzas cortantes 125 mm.
- ✓ Herramientas para crimpar fibra óptica.
- ✓ Stripper (desmoldador) para fibra óptica.
- ✓ Juego de palillas de espuma de caucho.
- ✓ Testeador de cable de fibra óptica, con laser.
- ✓ Jeringa universal 2.5 ml.
- ✓ Lápiz de carburo para fibra óptica.
- ✓ Tijeras para cortar fibra óptica.
- ✓ Guantes aislantes.
- ✓ Etiquetas para etiquetado de mazos de cableado.
- ✓ Equipo EPI (Equipo Protección Individual): zapatos de seguridad, gafas de seguridad y mono de trabajo.

### 5.4.4 Mano de obra electricistas

El cableado balanceado perteneciente al subsistema de cableado horizontal se ha distribuido se distribuirá en ambas torres en un plazo de 10 días laborales, en caso de que no surja ningún imprevisto o retraso.

La jornada laboral de cada trabajador es completa, es decir, 8 horas laborales diarias y 40 horas semanales. Además, a cada trabajador se le deberá pagar el desplazamiento hasta el Edificio ZAL desde la ubicación física de la empresa a la que pertenecen los electricistas. Cada kilómetro se paga a 0,19€. La empresa subcontratada se encuentra ubicada en Chiclana de la Frontera. El número de kilómetros existentes entre el Edificio ZAL y la ciudad de Chiclana de la Frontera es de 79,4km  $\simeq$  80 km.

El total de horas trabajadas por cada uno de los trabajadores de la empresa de electricidad es de 8 horas/diarias x 10 días, 80 horas trabajadas. Siendo tres los trabajadores encargados de la instalación del cableado balanceado, el número de horas es igual a **240** horas.

En cuanto al kilometraje a pagar, habrá que pagar un total de **240** km.

Vease la tabla [5.39](#).

Tabla 5.39: *Mano de obra electricistas*

Mano de obra electricistas	
Número de horas trabajadas(3 trabajadores)	<b>240</b> horas
Kilometraje(3 trabajadores)	<b>240</b> km

## 5.5 Repartidor de Planta

Los repartidores de planta existentes en el Edificio ZAL están formados por una serie de componentes determinados, contenidos en los racks de telecomunicaciones. Estos componentes son:

- ✓ Patch panels de fibra óptica.
- ✓ Patch panels de cablea UTP, categoría 6.
- ✓ Pasa hilos horizontales.
- ✓ Pasa hilos verticales.
- ✓ Switches de capa de acceso.
- ✓ Módulos de expansión.
- ✓ Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI/UPS).
- ✓ Regletas de enchufes con magneto térmico.
- ✓ Ventilación.
- ✓ Latiguillos de parcheo RJ 45 Categoría 6.
- ✓ Latiguillos de fibra óptica Categoría OM3, Clase OF-300.

### 5.5.1 Panel de fibra óptica

Las bandejas de conexionado de fibra óptica se emplearán para conectar los equipos activos de red ubicados en los repartidores de planta, en este caso switches, al subsistema de cableado vertical, haciendo uso de latiguillos de fibra óptica.

El número de puertos de los patch panels de fibra óptica variarán en función del Repartidor de Planta en el que se ubique dicho patch panels.

Vease tabla 5.41.

Tabla 5.41: *Patch Panel fibra óptica*

Patch Panel fibra óptica	
Ubicación	Número de puertos
Repartidor Planta, 1ª Planta, Torre B	Patch panel 24 puertos LC
Repartidor Planta, 2ª Planta, Torre A	Patch panel 6 puertos LC
Repartidor Planta, 5ª Planta, Torre A	Patch panel 6 puertos LC

### 5.5.2 Patch panel cableado UTP, Categoría 6

En cada uno de los racks ubicados en los diferentes Repartidores de Planta, se emplearán patch panels de cableado balanceado, Categoría 6, con 48 puertos RJ 45 hembra y 1U de espacio ocupado.

El número de patch panels empleados variará en función del rack. Vease la tabla 5.43.

Tabla 5.43: *Patch Panel cable UTP, Cat.6*

Patch Panel cable UTP, Cat.6	
Ubicación	Número de patch panels
Repartidor Planta, 1ª Planta, Torre B	7 patch panels
Repartidor Planta, 2ª Planta, Torre A	4 patch panels
Repartidor Planta, 5ª Planta, Torre A	4 patch panels
<b>Total</b>	<b>15 patch panels</b>

### 5.5.3 Pasa hilos horizontales

Para la gestión y correcta organización del cableado en el interior de cada rack se hará uso de pasa hilos horizontales.

El número de pasa hilos empleados variará en función del rack.

Vease tabla 5.45.

Tabla 5.45: *Pasa hilos horizontales*

Pasa hilos horizontales	
Ubicación	Número pasa hilos horizontales
Repartidor Planta, 1ª Planta, Torre B	8 pasa hilos horizontales
Repartidor Planta, 2ª Planta, Torre A	5 pasa hilos horizontales
Repartidor Planta, 5ª Planta, Torre A	5 pasa hilos horizontales
<b>Total</b>	<b>15 pasa hilos horizontales</b>

### 5.5.4 Pasa hilos verticales

Se emplearán para distribuir el cableado a lo largo de cada uno de los racks.

En función del modelo de rack empleado se usará un tipo de pasa hilo vertical u otro. Para rack de 30 U se emplearán **2** pasa hilos verticales de 30U y para rack de 47 U se emplearán **2** pasa hilos verticales de 47U.

### 5.5.5 Switches

El modelo de switch elegido para la capa de acceso, y que serán ubicados en los Repartidores de Planta, es el *Cisco Catalyst 2960S 48TD-L*.



Vease tabla 5.47.

Tabla 5.47: *Switches Repartidor de Planta*

Switches Repartidor de Planta	
Ubicación	Número switches <i>Cisco Catalyst 2960S 48TD-L</i>
Repartidor Planta,1ª Planta,Torre B	7 switches
Repartidor Planta,2ª Planta,Torre A	4 switches
Repartidor Planta,5ª Planta,Torre A	4 switches
<b>Total</b>	<b>15 switches</b>

### 5.5.6 Módulos de expansión

Para poder llevar a cabo la interconexión de los switches ubicados en la capa de acceso con los switches ubicados en la Capa de núcleo colapsado es necesario hacer uso de unos módulos de expansión, que serán conectados en los switches de ambas capas, permitiendo establecer conexiones de fibra óptica a una velocidad de transmisión de 10Gbps.

Por cada switch de la capa de acceso se emplearán 2 módulos *Cisco SFP-10G-SR*. Sabiendo que en la capa de acceso hay 15 switches, se emplearán un total de **30** módulos Cisco SFP-10G-SR.

### 5.5.7 Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI/UPS)

Para los racks ubicados en los Repartidores de Planta se hará uso de UPS modelo *UPS EATON 9135*.

El número de unidades UPS variará en función del rack al que se destine. Vease la tabla 5.49.

Tabla 5.49: *UPS Repartidor de Planta*

UPS Repartidor de Planta	
Ubicación	Número switches <i>UPS Repartidor de Planta</i>
Repartidor Planta,1ª Planta,Torre B	2 UPS
Repartidor Planta,2ª Planta,Torre A	1 UPS
Repartidor Planta,5ª Planta,Torre A	1 UPS
<b>Total</b>	<b>1 UPS</b>

### 5.5.8 Regletas de enchufes con interruptor

En cada uno de los racks se ubicará una regleta con 6 enchufes tipo schuko. Estas regletas dispondrán de un interruptor. Vease 5.51.

Tabla 5.51: *Regletas de enchufes con interruptor(RP)*

Regletas de enchufes con interruptor(RP)	
Ubicación	Número switches <i>Regletas de enchufes con interruptor(RP)</i>
Repartidor Planta,1ª Planta,Torre B	1 regletas de enchufes
Repartidor Planta,2ª Planta,Torre A	1 regletas de enchufes
Repartidor Planta,5ª Planta,Torre A	1 regletas de enchufes
<b>Total</b>	<b>3</b> regletas de enchufes

### 5.5.9 Ventilacion

Cada uno de los racks ubicados en los Repartidores de Planta contendrá un panel de ventilación con termostato, ubicada en el techo de cada uno de los racks. Vease tabla 5.53.

Tabla 5.53: *Sistema ventilación,Repartidor Edificio*

Sistema ventilación,Repartidor Edificio	
Ubicación	Número switches <i>Sistema ventilación,Repartidor Edificio</i>
Repartidor Planta,1ª Planta,Torre B	1 panel de ventilación
Repartidor Planta,2ª Planta,Torre A	1 panel de ventilación
Repartidor Planta,5ª Planta,Torre A	1 panel de ventilación
<b>Total</b>	<b>3</b> panel de ventilación

### 5.5.10 Latiguillos de parcheo

A continuación, se calculará el número de latiguillos de cableado balanceado, Categoría 6 UTP, necesarios para realizar el parcheo de los equipos activos de red ubicados en los diferentes Repartidores de Planta. He considerado, para evitar problemas de conexión por falta de metros de cable, considerar 2 metros por latiguillo de conexión.

Para el Repartidor de Planta ubicado en la 1ª planta de la Torre B, observando los planos de dicha torre, podemos observar que el etiquetado de las tomas de telecomunicaciones llega desde el patch panel 1-puerto 1, hasta el patch panel 14-puerto 6. Sabiendo que cada patch panel tiene 24 puertos, se puede determinar que se necesitarán **318** latiguillos de cableado balanceado, Categoría 6 UTP, a dos metros por latiguillo, hacen un total de **636** metros.

Para el Repartidor de Planta ubicado en la 2ª planta de la Torre A, tenemos que los patch panels están ocupados completamente los 7 primeros y el octavo tiene ocupados 18 puertos. Teniendo cada patch panel 24 puertos, el total de latiguillos de cableado balanceado Categoría 6 UTP necesarios es igual a **186** latiguillos. Traducido esto en metros, **372** metros.

Para el Repartidor de Planta ubicado en la 5ª planta de la Torre A, tenemos que los patch panels están ocupados completamente los 7 primeros y el octavo tiene ocupados 4 puertos. Teniendo en cuenta que cada patch panel tiene 24 puertos, el total de latiguillos de cableado balanceado Categoría 6 UTP necesarios es igual a **175** latiguillos. Esto, traducido a metros de cable, hace un total de **350** metros.

Vease tabla 5.55.

Tabla 5.55: *Latiguillos cable UTP Categoría 6*

Latiguillos cable UTP Categoría 6	
Ubicación	Número switches <i>Latiguillos cable UTP Categoría 6</i>
Repartidor Planta, 1ª Planta, Torre B	318 latiguillos
Repartidor Planta, 2ª Planta, Torre A	186 latiguillos
Repartidor Planta, 5ª Planta, Torre A	175 latiguillos
<b>Total</b>	<b>679</b> panel de ventilación

### 5.5.11 Latiguillos de fibra óptica, Categoría OM3, Clase OF-300

Cada uno de los switches ubicados en los repartidores de planta y pertenecientes a la capa de acceso, se conectarán al subsistema de cableado vertical haciendo uso de latiguillos de fibra óptica. Cada uno de estos latiguillos estará formado por dos hilos de fibra óptica, Categoría OM3, Clase OF-300, que se conectará al patch panel de fibra óptica ubicado en la parte superior de cada rack.

Se ha considerado una longitud de 2 metros para cada uno de los hilos que forman los latiguillos de fibra óptica, con conectores LC/LC.

Como se ha explicado en capítulos anteriores, cada uno de los switches de la capa de acceso están conectados a dos switches diferentes de la capa de núcleo colapsado, consiguiendo así redundancia. Por ello, cada uno de los switches de la capa de acceso tendrá conectados dos latiguillos de fibra óptica. Esto se traduce en cuatro hilos de fibra óptica por switch.

Para el rack 1, en el que tenemos 7 switches, será necesario emplear 2 latiguillos por cada uno de los switches ubicados en dicho rack.

Para el rack 2, en el que tenemos 4 switches, será necesario emplear 2 latiguillos por cada uno de los switches ubicados en dicho rack.

Para el rack 3, en el que tenemos 4 switches, será necesario emplear 2 latiguillos por cada uno de los switches ubicados en dicho rack.

Para el sistema de cableado estructurado disponemos de 15 switches en la capa de acceso. Esto traducido en latiguillos de fibra se corresponde con 30 latiguillos de fibra óptica, ya que cada switch de dicha capa se conecta a dos switches de la capa de núcleo colapsado. Como cada latiguillo está formado de 2 hilos de fibra óptica, al final tenemos 60 hilos de fibra óptica.

En la siguiente tabla podemos ver el resumen del número de latiguillos de fibra óptica a emplear. Recaltar que por cada hilo de fibra óptica empleado para latiguillo de parcheo se ha considerado 2 metros de longitud.

Vease tabla 5.57.

Tabla 5.57: *Latiguillos fibra óptica, Cat OM3, Clase OF-300*

Latiguillos fibra óptica, Cat OM3, Clase OF-300	
Ubicación	Número switches <i>Latiguillos fibra óptica, Cat OM3, Clase OF-300</i>
Repartidor Planta, 1ª Planta, Torre B	14 latiguillos FO
Repartidor Planta, 2ª Planta, Torre A	8 latiguillos FO
Repartidor Planta, 5ª Planta, Torre A	8 latiguillos FO
<b>Total</b>	<b>30 latiguillos FO LC/LC</b>

Al Repartidor de Edificio llegarán 60 hilos de fibra óptica. Para llevar a cabo el parcheo será necesario emplear 30 latiguillos de fibra óptica, cada uno con 2 hilos de fibra óptica. Por ello, se necesitará 60 hilos de fibra óptica.

## 5.6 Repartidor de Edificio

En el Repartidor de Edificio ubicado en la planta baja de la Torre A está formado por una serie de componentes determinados, contenidos en el rack 4. Estos componentes son:

- ✓ Patch panels de fibra óptica.
- ✓ Pasa hilos horizontales.
- ✓ Pasa hilos verticales.
- ✓ Switches de capa de núcleo colapsado.
- ✓ Módulos de expansión.
- ✓ Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI/UPS).
- ✓ Regletas de enchufes con magneto térmico.
- ✓ Ventilación.
- ✓ Latiguillos de fibra óptica Categoría OM3, Clase OF-300.

### 5.6.1 Patch panels de fibra óptica

Al Repartidor de Edificio llegan 60 hilos de fibra óptica Cat. OM3, Clase OF-300, correspondiente al subsistema de cableado vertical. Estos 60 hilos se emparejan en 30 conectores, conectados a patch panels de fibra óptica ubicados en el rack 4.

Se emplearán dos patch panels de fibra óptica con puertos SC, de 24 y 12 puertos.

Vease la tabla [5.59](#).

Tabla 5.59: *Patch Panel fibra óptica*

Patch Panel fibra óptica	
Tipo	Cantidad
Patch Panel FO,24 puertos SC	1 unidad
Patch Panel FO,6 puertos SC	1 unidad

### 5.6.2 Pasa hilos horizontales

En el rack 4 se emplearán 2 pasa hilos horizontales, uno por cada patch panel. Vease tabla 5.61. Vease la tabla 5.61.

Tabla 5.61: *Pasa hilos horizontal Repartidor de Edificio*

Pasa hilos horizontal Repartidor de Edificio	
Elemento	Unidades
Pasa hilos horizontal	2 unidades

### 5.6.3 Pasa hilos verticales

Para el rack 4 se hará uso de dos pasa hilos verticales de 24U. Vease la tabla 5.63.

Tabla 5.63: *Pasa hilos vertical Repartidor de Edificio*

Pasa hilos vertical Repartidor de Edificio	
Elemento	Unidades
Pasa hilos vertical 24U	2 unidades

### 5.6.4 Switches capa de Núcleo Colapsado

Para la capa de núcleo colapsado se empleará dos switches CISCO, modelo *Cisco catalyst 4900M*, con 16 puertos de fibra óptica SC. Vease tabla 5.65.

Tabla 5.65: *Switch de capa de núcleo colapsado*

Switch de capa de núcleo colapsado	
Elemento	Unidades
Switch capa núcleo colapsado, modelo Cisco catalyst 4900M	2 unidades

### 5.6.5 Módulos de expansión

Para los switches de la capa de núcleo colapsado se emplearán módulos X2, que tendrán conectores tipo SC para fibra óptica. Por cada switch se emplearán **15** módulos **X2 Cisco X2-10GB-SR**, haciendo un total de **30** módulos de este tipo.

Además de los módulos X2, para los switches de la capa de núcleo colapsado será necesario adquirir módulos **8-Port (2:1) 10 Gigabit Ethernet (X2) Half Card** de expansión de puertos, para poner obtener 8 puertos extra donde conectar hasta 8 módulos X2 Cisco X2-10GB-SR.

### 5.6.6 Sistema de Alimentación Ininterrumpida(SAI/UPS)

Para el rack 4 ubicado en el Repartidor de Edificio, se hará uso de UPS modelo UPS EATON 9135.

El número de unidades UPS empleadas será igual a 1 unidad.

### 5.6.7 Regletas de enchufes con interruptor

En el rack 4 se ubicará **1** regleta con 6 enchufes tipo schuko. Estas regletas dispondrán de un interruptor.

### 5.6.8 Sistema de ventilación

El rack 4 dispondrá de **1** panel de ventilación con termostato, ubicado en el techo de cada uno de los racks.

### 5.6.9 Latiguillos de parcheo fibra óptica,Cat. OM3,Clase OF-300

Para llevar a cabo el parcheo de los switches con los patch panels se hará uso de latiguillos de fibra óptica con conectores SC/SC de 2 metros de longitud.

El número de latiguillos de fibra óptica que se deberán emplear será **30** latiguillos, para proporcionar conexión para cada una de las conexiones procedentes de los switches de la capa de acceso.

## 5.7 Certificación

Para validar el sistema de cableado estructurado será necesario llevar a cabo una certificación de cada una de las tomas de telecomunicaciones ubicadas en las oficinas de la Torre A y B, así como del cableado de fibra óptica empleado para el subsistema de cableado vertical. Vease tabla [5.67](#).

Tabla 5.67: *Certificación cableado*

Certificación cableado	
Elemento a certificar	Unidades
Tomas telecomunicaciones, cablea UTP Cat.6	676 unidades
Cables Fibra Óptica, Cat. OM3, Clase OF-300	30 unidades

## 5.8 Tabla resumen

A modo de resumen, se presentan la siguiente tabla con toda la información indicada anteriormente. Vease tabla 5.69.

Tabla 5.69: *Tabla resumen*

Tabla resumen	
tipo de componente	cantidad
<b>Subsistema cableado horizontal</b>	
Cableado UTP Cat.6	18451 metros
Caja para tomas de telecomunicaciones	338 unidades
Toma RJ 45 hembra	675 unidades
Conector RJ 45 macho	1352 unidades
Canaleta tipo $x30cm \times 60cm$	1618 unidades
Bandejas canalización	267 unidades
Soportes bandejas canalización	534 unidades
Etiquetas	676 unidades
Herramientas electricista	No especificada
Herramientas telecomunicaciones	No especificada
Herramientas albañilería	No especificada
Tabique pladur ignifugo	62 $m^2$
Puerta metálica corta fuego RF 90	3 unidades
Techo de fibra, Fine Fisure de Armstrong	20 $m^2$
Panel acústico autoportante	20 $m^2$
Mano de obra electricistas	240 horas
Panel acústico autoportante	20 $m^2$
Mano de obra electricistas	240 horas
Kilometraje electricistas	240 km
Mano de obra albañiles	720 horas
Kilometraje albañiles	336 km
<b>Subsistema cableado vertical</b>	
Módulo Cisco SFP-10G-SR	30 módulos
X2 Cisco X2-10GB-SR	30 módulos
8-port(2:1) 10 Gigabit Ethernet (X2) Half Card	2 módulos
Conectores LC	60 unidades
Conectores SC	60 unidades
Bandejas canalización	34 tramos
Soportes bandejas canalización	68 soportes

Conectores LC	60 unidades
Conectores SC	60 unidades
Bandejas canalización	34 tramos
Soportes bandejas canalización	68 soportes
Herramientas telecomunicaciones	No especificada
Mano de obra electricistas	240 horas
Kilometraje electricistas	240 km
<b>Repartidor de Planta</b>	
Patch panel fibra óptica 24 puertos LC	1 unidad
Patch panel fibra óptica 12 puertos LC	2 unidades
Patch panel UTP Categoría 6	30 unidades
Pasa hilos horizontales	18 unidades
Pasa hilos vertical 30U	4 unidades
Pasa hilos vertical 47U	2 unidades
Switch Cisco Catalyst 2960S 48TD-L	15 unidades
UPS EATON 9135	4 unidades
Regletas de enchufes schuko con interruptor	3 unidades
Panel de ventilación con termostato	3 unidades
Latiguillos parcheo UTP Cat.6	679 unidades
Latiguillos parcheo FO Cat. OM3, LC/LC	30 unidades
<b>Repartidor de Edificio</b>	
Patch panel FO, 24 puertos SC	1 unidad
Patch panel FO, 12 puertos SC	1 unidad
Pasa hilos horizontal	2 unidades
Pasa hilos vertical 24U	2 unidades
Switch Cisco Catalyst 4900M	2 unidades
UPS EATON 9135	1 unidad
Regletas de enchufes schuko con interruptor	1 unidad
Panel de ventilación con termostato	1 unidad
Latiguillos parcheo FO Cat. OM3, SC/SC	30 unidades
<b>Certificación cableado</b>	
Tomas de telecomunicaciones, cable UTP Cat.6	676 unidades
Cableado Fibra Óptica, Cat.OM3, Clase OF-300	30 unidades



## Capítulo 6

# Presupuesto

El proyecto de cableado estructurado constará de un presupuesto asociado, en el que se podrá ver de manera general el precio para el subsistema de cableado horizontal, vertical, la obra civil a realizar, los repartidores de planta, el Repartidor de Edificio, el coste de certificación del cableado, la mano de obra contratada (albañilería y electricidad), así como los honorarios del ingeniero que ha llevado a cabo el diseño e implantación del sistema de cableado estructurado para el Edificio ZAL.

También, se podrá ver de manera más detallada, cada uno de los componentes que componen todos los elementos indicados anteriormente, junto con el número de unidades de cada componente, el precio unitario por componente y el precio total.

## 6.1 Presupuesto general

En la siguiente tabla se presenta el presupuesto correspondiente al sistema de cableado estructurado, llevado a cabo para el Edificio ZAL.

Se presenta el precio correspondiente a cada uno de los subsistemas y elementos necesarios para llevar a cabo dicho proyecto.

Tabla 6.1: *Presupuesto general Edificio ZAL*

Presupuesto general Edificio ZAL		
Descripción	Precios(euros)	Porcentaje
Honorarios ingeniero	2.500,00€	0,87%
Subsistema de cableado horizontal	94.366,33 €	32,81%
Subsistema de cableado vertical	34.727,70 €	12,07%
Repartidores de Planta	90.287,42€	31,40%
Repartidor de Edificio	41.428,35 €	14,41%
Cuartos de equipo	5.429,60 €	1,89%
Empresas subcontratadas	14.685,60 €	5,11%
Certificación	4.134,60 €	1,44%
<b>TOTAL</b>	<b>287.599,60 €</b>	<b>100,00%</b>

## 6.2 Presupuesto detallado

En este apartado se presentará desglosado el presupuesto de cada uno de los subsistemas y elementos indicados en la tabla de presupuesto general. Se detallarán cada uno de los componentes, desglosando los elementos que lo forman, el número de unidades, el precio unitario y el precio total.

Tabla 6.2: *Presupuesto certificación*

Presupuesto certificación			
Componente	Cantidad	Precio unitario	Precio total
certificado cable UTP Cat.6	676 conectores	2,10 €/unidad	1.419,60 €
Certificado Fibra óptica Multimodo	30 conectores	24,50 €/unidad	735,00 €
Servicio técnico certificación. Incluye trabajo de 2 técnicos cualificados + transporte a edificio	1 unidad	-	1.980,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>4134,60€</b>		

Tabla 6.3: *Presupuesto empresas subcontratadas*

Presupuesto empresas subcontratadas			
Componente	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Mano obra albañiles	$3px240horas = 720horas$	15€/horas	10800,00€
Kilometraje albañiles	$3pc112km = 336km$	0,19€/km	64,41€
Mano obra electricistas	$3px80horas = 240horas$	16€/horas	3840,00€
Kilometraje electricistas	$3x80km = 240km$	0,19€/km	45,60€
<b>TOTAL</b>	<b>14685,60€</b>		

Tabla 6.4: *Presupuesto para cuarto equipos*

Presupuesto para cuarto equipos			
Componente	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Tabique pladur ignífugo	$62 m^2$	35€/m <sup>2</sup>	2.170,00 €
Puerta metálica cortafuego RF 90	3 unidades	553,22€/unidad	1.659,66 €
Techo de fibra Fine Fisure de Armstrong	$20m^2$	85.51€/m <sup>2</sup>	1710.20 €
Panel acústico autoportante en lana de roca volcánica	$20m^2$	80€/m <sup>2</sup>	1.600,00 €
<b>Total</b>	<b>5429,66€</b>		

Tabla 6.5: Presupuesto para subsistema de cableado horizontal

Presupuesto para subsistema de cableado horizontal			
Material	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Cajas + soporte, RandM	338 unidades	3,40 €	1.149,20 €
Tomas de telecomunicaciones RJ 45, Cat, 6, SIMON	676 unidades	9,16 €/unidad	6.192,16 €
Conectores RJ 45 macho, genérico	1352 unidades	2,34 €/10 unidades	316,37 €
Cableado UTP Categoría 6, neklan	18451 metros	66,50 €/100m	12.269,92 €
Etiquetas, Brady	676 unidades	0,02 €/unidad	13,52 €
Canaleta 30mm x 60mm, UMEX	1618 metros	4,55 €/metro	7.361,90 €
Tapa final, UMEX	54 unidades	2,78 €/metro	150,12 €
Ángulo interior, UMEX	60 unidades	7,03 €/metro	421,80 €
Ángulo exterior, UMEX	54 unidades	5,89 €/metro	318,06 €
Bandejas para distribución cableado en pasillos + soporte, UMEX	534 unidades	123,92 €/unidad	66.173,28 €
<b>Total</b>	<b>94366,33€</b>		

Tabla 6.6: Presupuesto para subsistema de cableado vertical

Presupuesto para subsistema de cableado Vertical			
Material	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Conectores Fibra óptica LC dúplex 2mm, lightmax	60 unidades	2,30 €/unidad	138,00 €
Conectores Fibra óptica SC 2mm, lightmax	60 unidades	1,15 €/unidad	69,00 €
Pieza unión conectores SC, lightmax	60 unidades	0,12 €/unidad	7,20 €
Canalización para fibra óptica, UMEX	267 unidades	123,92 €/unidad	32.841,00 €
Cableado Fibra óptica 6 fibras, Cat. OM3, OF-300, lightmax	1338 metros	1,25 €/metro	1.672,50 €
<b>Total</b>	<b>34727,70€</b>		

Tabla 6.7: Presupuesto para Rack Repartidor de Planta

Presupuesto para Rack Repartidor de Planta			
Material	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Rack 19", 30U 1452mm x 800mm x 600mm, cheviLAN	2 unidades	620 €/unidad	1.240,00 €
Rack 19", 47U 2208mm x 800mm x 600mm, cheviLAN	1 unidad	976 €/unidad	976,00 €
Patch panel fibra óptica 12 puertos LC,lightmax	1 unidad	72,60 €/unidad	72,60 €
Patch panel fibra óptica 6 puertos LC,lightmax	2 unidades	60,80 €/unidad	121,60 €
Patch panel fibra óptica 3 puertos LC,lightmax	2 unidades	55,40 €/unidad	166,20€
Patch panel UTP Cat. 6, 48 puertos RJ 45, 1 U. Genérico	15 unidades	130 €/unidad	1.950,00 €
Pasa hilos horizontales, CheviLAN	33 unidades	4,20 €/unidad	138,60 €
Pasa hilos verticales 47U, cheviLAN	2 unidades	30,80 €/unidad	61,60 €
Pasa hilos verticales 30U,cheviLAN	4 unidades	27 €/unidad	108,00 €
Switch capa de acceso 2960S 48TD-L, Cisco Catalyst	15 unidades	3.464,88 €	51.973,20 €
Módulos Cisco SFP-10G-SR	30 unidades	759,51 €/unidad	22.785,30 €
UPS EATON 9135, EATON	4 unidades	1181,37 €/unidad	4.725,48 €
Regleta 6 enchufes schuko con interruptor, SIMON	3 unidades	108,26 €/unidad	324,70 €
Panel ventilación con 4 extractores, OvisLink	3 unidades	129 €/unidad	387,00 €
Latiguillos parcheo RJ 45 Cat. 6, 2 metros. SIMON	679 unidades	7,86 €/unidad	5.336,94 €
Latiguillos fibra óptica Cat. OM3 LC-LC, 2 metros, lightmax	30 unidades	7,50 €/unidad	225,00 €
<b>Total</b>	<b>90.287,42€</b>		

Tabla 6.8: Presupuesto para Rack Repartidor de Edificio

Presupuesto para Rack Repartidor de Edificio			
Material	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Rack 19", 24U 1185mm x 800 x 800, fabricante cheviLAN	1 unidad	540 €/unidad	540,00 €
Patch panel fibra óptica, 24 puertos SC, lightmax	1 unidad	41,20 €/unidad	41,20 €
Patch panel fibra óptica 6 puertos SC, lightmax	1 unidad	29,60 €	60,80 €
Pasa hilos horizontales, CheviLan	4 unidades	4,20 €/unidad	16,80 €
Pasa hilos verticales 24U, CheviLan	2 unidades	25 €/unidad	50,00 €
switch capa núcleo colapsado, Switch Cisco Catalyst 4900M, Cisco	2 unidad	7786,65 €/unidad	15.573,30 €
X2 Cisco X2-10GB-SR, Cisco	30 unidades	540 €/unidad	16.200,00 €
8-port(2:1) 10 Gigabit Ethernet (x2) Half Card, Cisco	2 unidades	3687,86 €/unidad	7.375,72 €
UPS EATON 9135, EATON	1 unidad	1181,37 €/unidad	1.181,37 €
Regleta 6 enchufes schuko con interruptor, SIMON	1 unidad	108,26 €/unidad	108,26 €
Panel ventilación con 4 extractores, OvisLink	1 unidad	129€/unidad	129,00€
Latiguillos fibra óptica Cat. OM3 SC-SC, 2 metros, lightmax	31 unidades	4,90 €/unidad	151,90 €
<b>Total</b>		<b>41428,35€</b>	



## ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

### INGENIERO TÉCNICO EN INFORMÁTICA DE GESTIÓN

Proyecto de Sistema de Cableado Estructurado para el Edificio ZAL

#### **Tomo II**

- Departamento: Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Tecnología Electrónica y Electrónica
- Director del proyecto: Carlos Rodríguez Cordón
- Autor del proyecto: Alejandro de Celis Domínguez

Cádiz, 11 de Mayo de 2012

Fdo.: Alejandro de Celis Domínguez





## Capítulo 7

### Información planos

En este segundo tomo del proyecto se recogen los planos elaborados para el Edificio ZAL. Estos planos son los siguientes:

- ✓ Plano de ubicación de repartidores
- ✓ Planos de ubicación de puestos de trabajo
- ✓ Planos de cableado, tomas de telecomunicaciones y etiquetado de éstas
- ✓ Planos de sistemas de canalizaciones

Para ver la explicación extendida de cada uno de estos planos diríjase al tomo I del proyecto, Capítulo [3, Planos](#).

En los siguientes apartados se pasará a explicar qué elementos son representados en cada uno de los tres planos indicados anteriormente.

## 7.1 Plano de repartidores

En este plano se puede observar dónde están ubicados los Repartidores de Planta del Edificio, así como el Repartidor de Edificio del mismo. También, se puede observar cómo están interconectados éstos.

## 7.2 Planos de ubicación puestos trabajo

Para los planos de este tipo se resaltan unos aspectos concretos, como son la ubicación de cada uno de los puestos de trabajo dentro de las oficinas del Edificio ZAL. La ubicación se ha llevado a cabo empleando las indicaciones realizadas por el gerente del edificio en las entrevistas.

Los elementos que se representan en estos planos son:

- Sillas de oficina.
- Mesas de oficina.
- Armarios de oficina.
- Computadores de sobremesa.

La simbología de estos elementos se puede consultar en la leyenda de cada plano.

## 7.3 Planos de cableado, TT y etiquetado

En este tipo de planos se representan los siguientes aspectos:

- Tomas de telecomunicaciones dobles.

- Cableado balanceado y de fibra óptica.
- Etiquetado de cada una de las tomas de telecomunicaciones.

La simbología de estos elementos se puede consultar en la leyenda de cada plano.

## 7.4 Planos de sistemas canalizaciones

En estos planos se representan los siguientes aspectos:

- Canaletas de cableado balanceado en oficinas.
- Tubos rígidos para canalizaciones entre plantas.
- Bandejas metálicas para canalizaciones por zonas comunes.

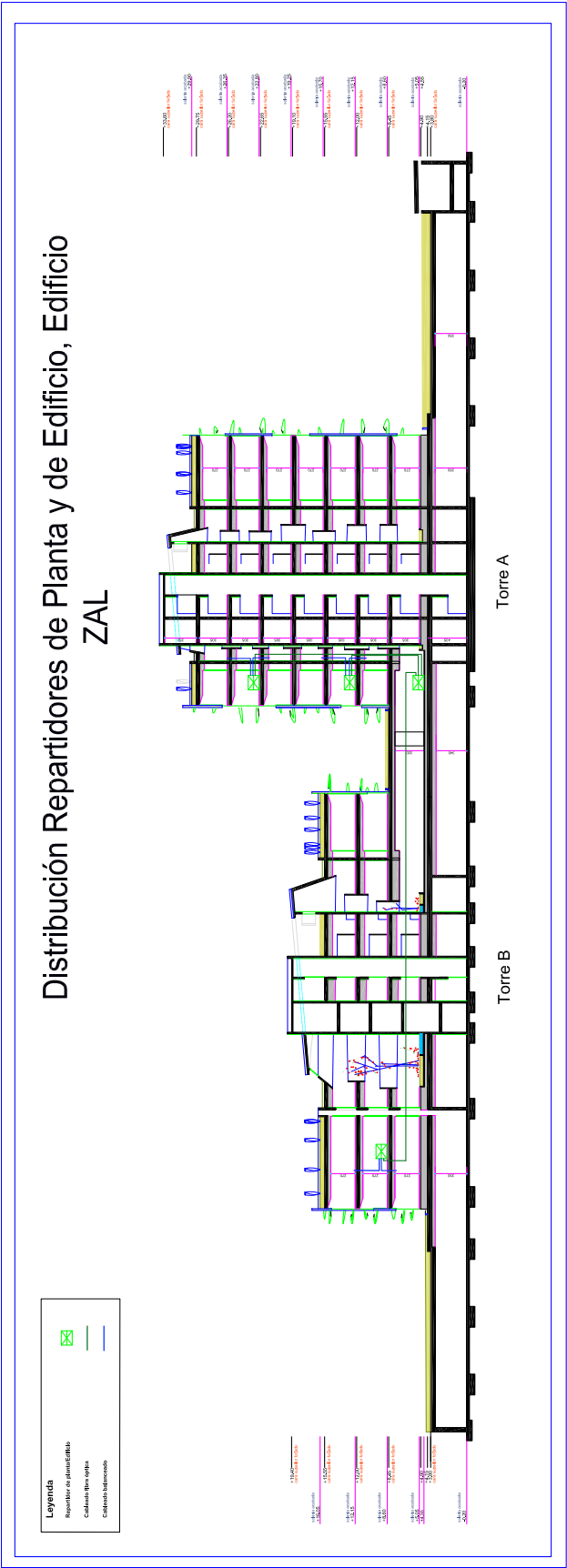
La simbología de estos elementos se puede consultar en la leyenda de cada plano.



## Capítulo 8

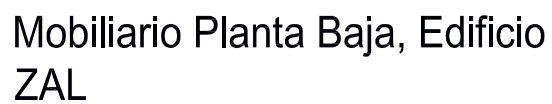
# Conjunto de Planos

8.1 Repartidores

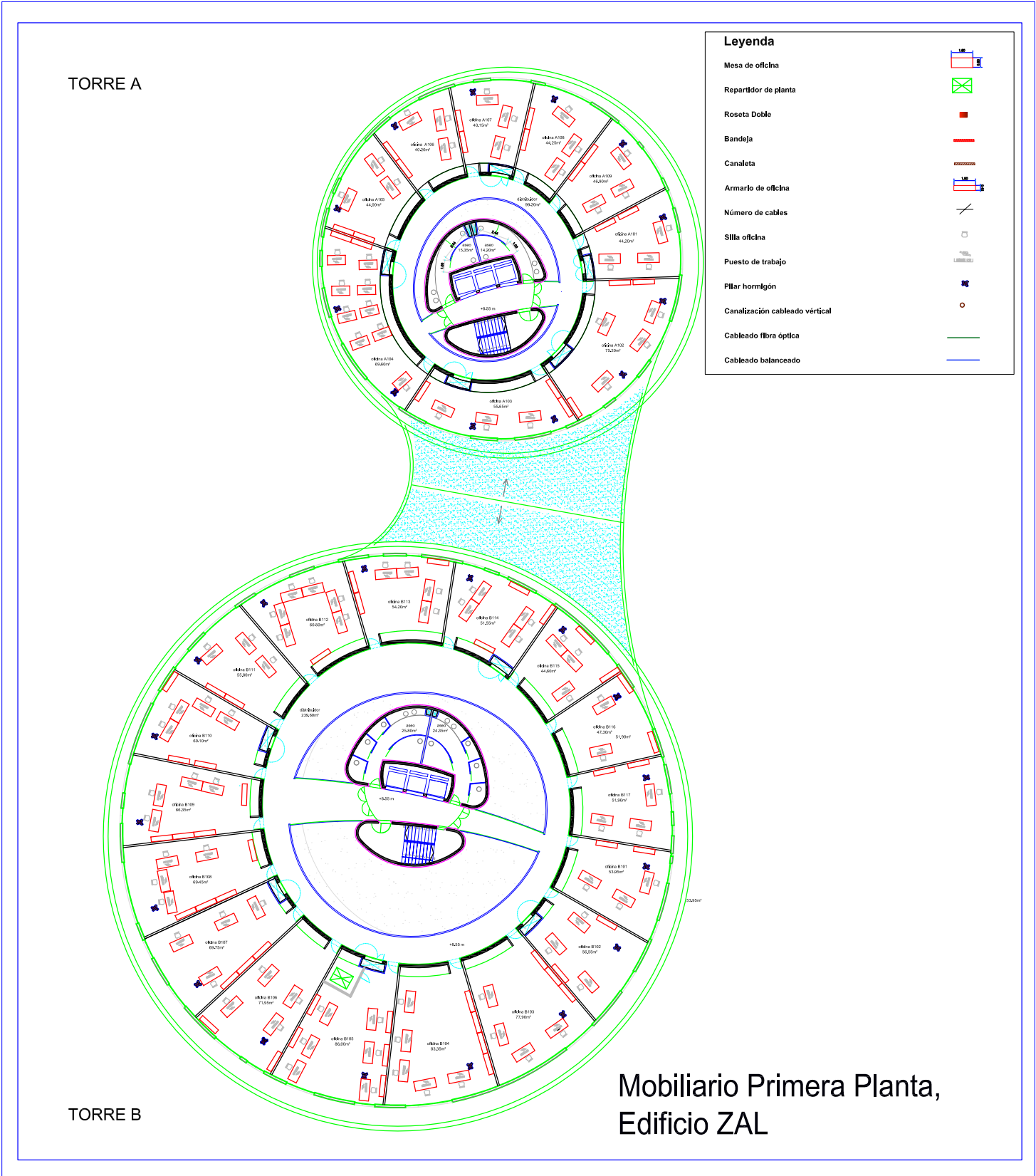


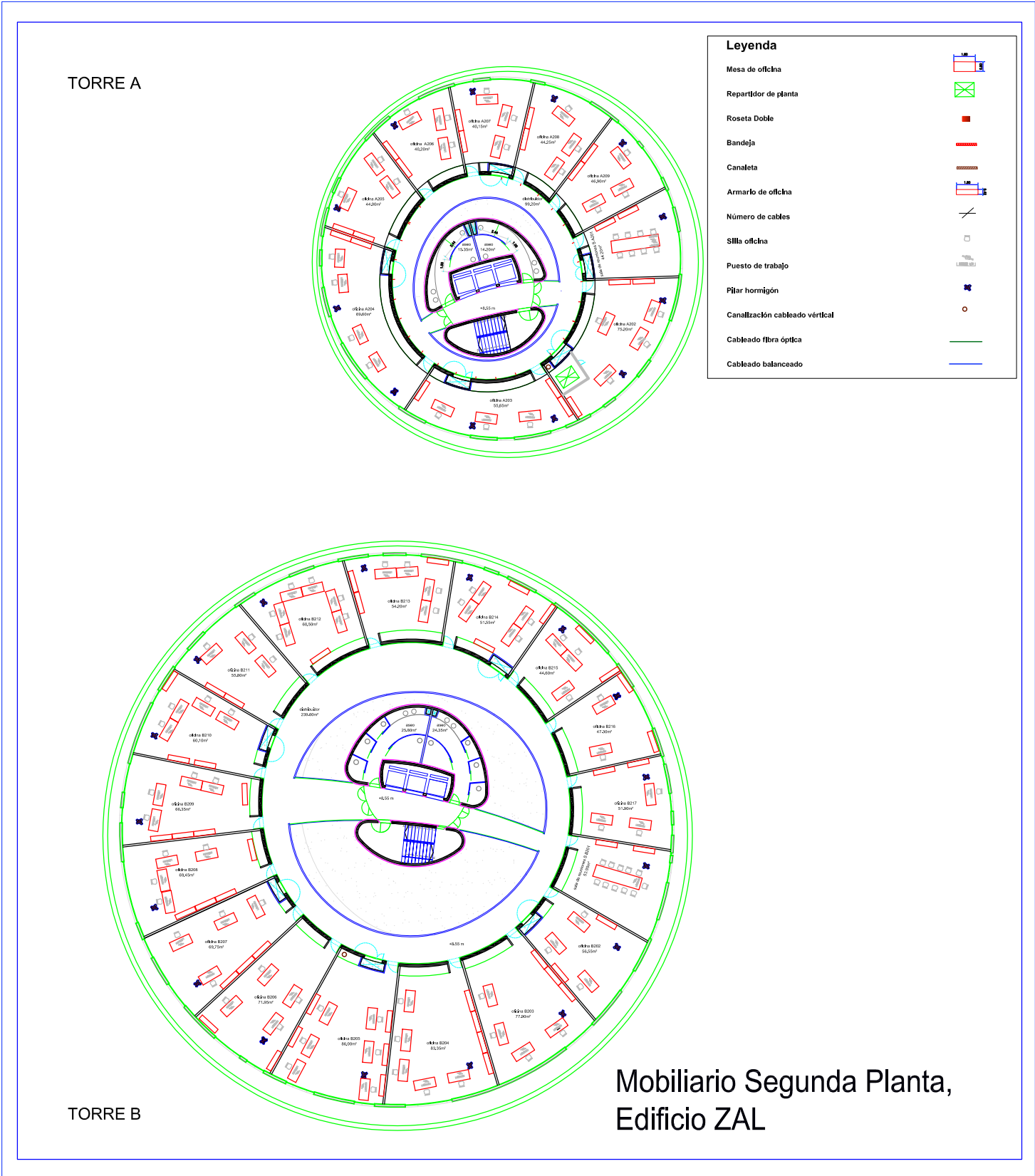


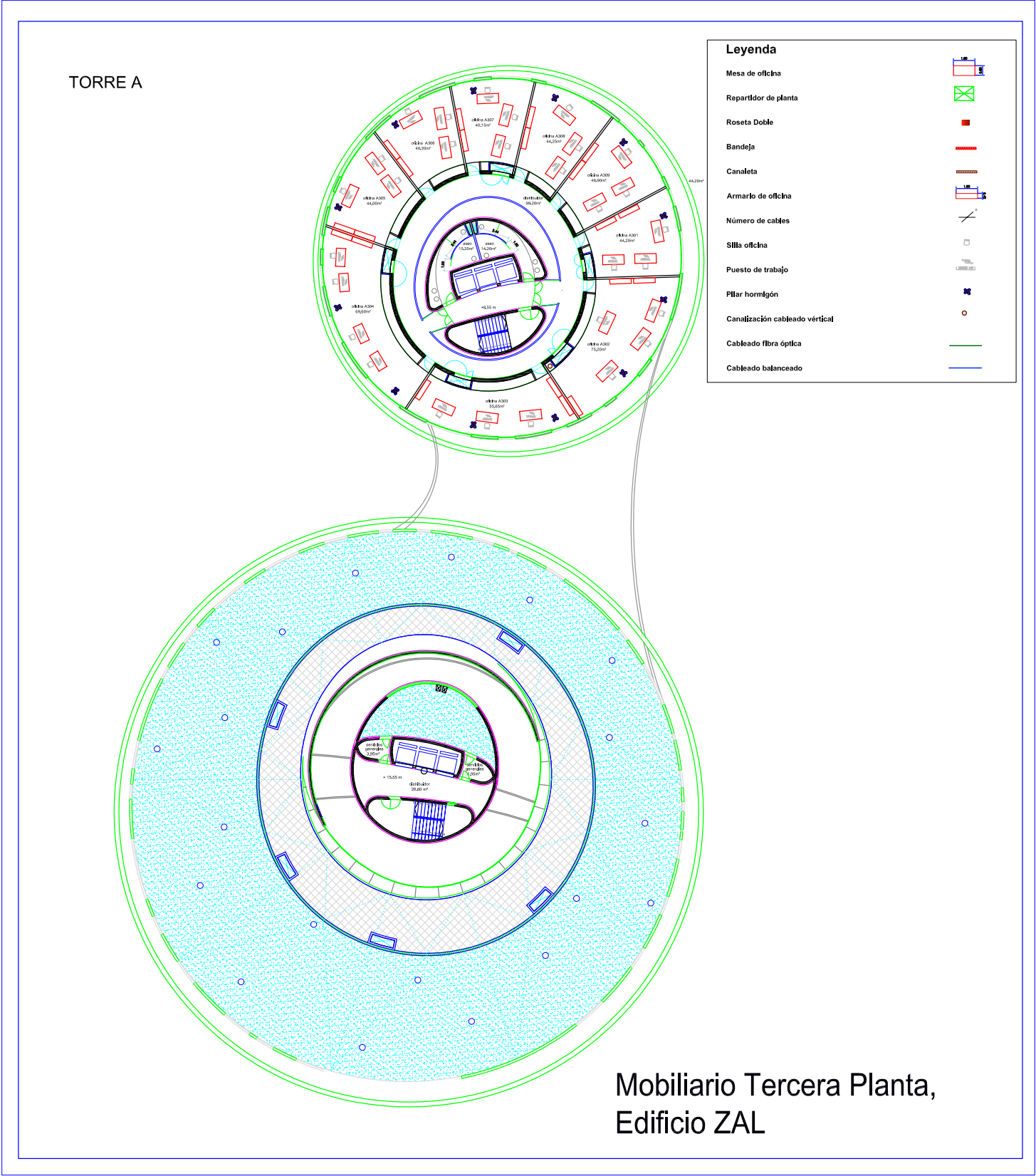
## 8.2 Mobiliario

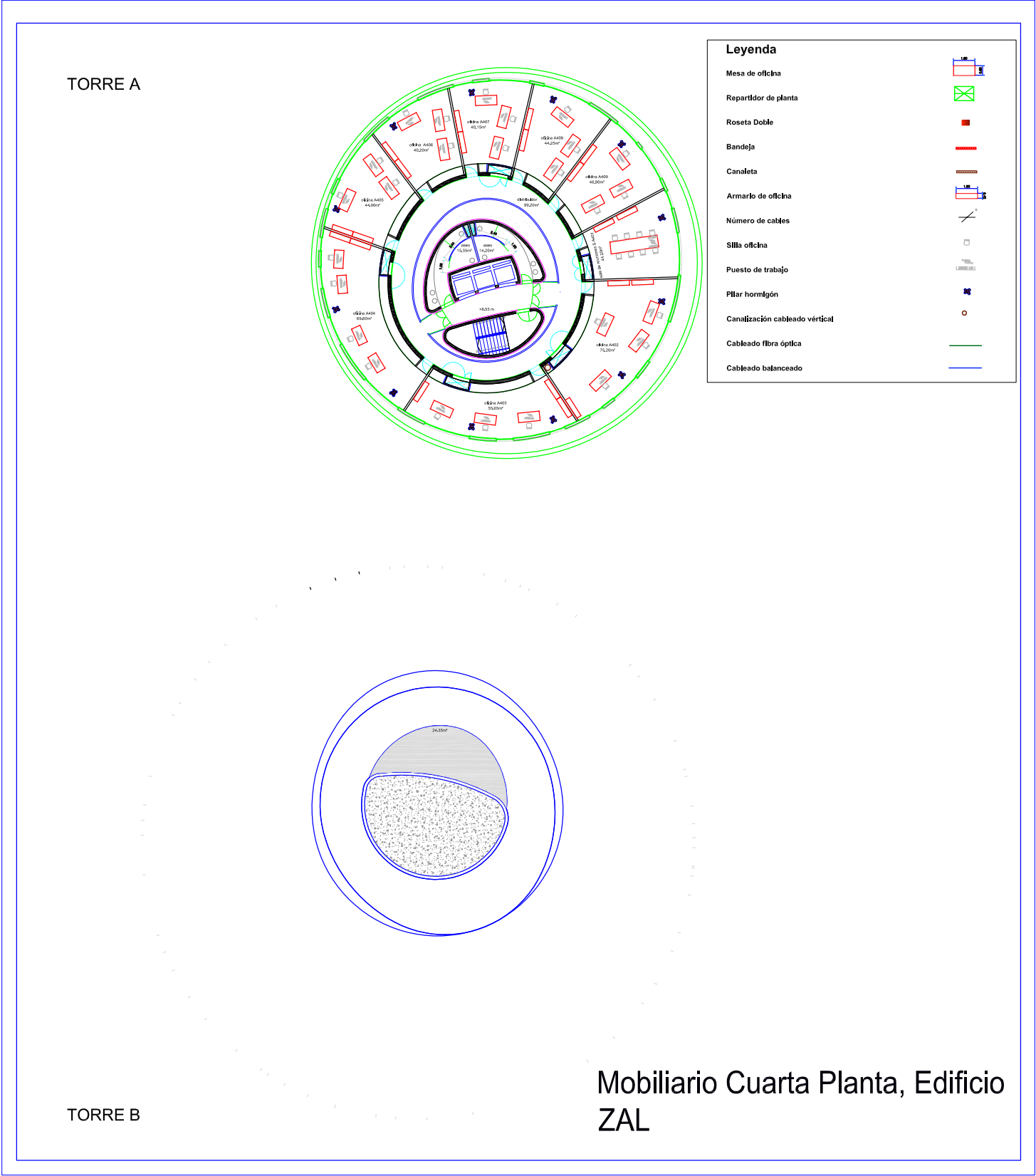


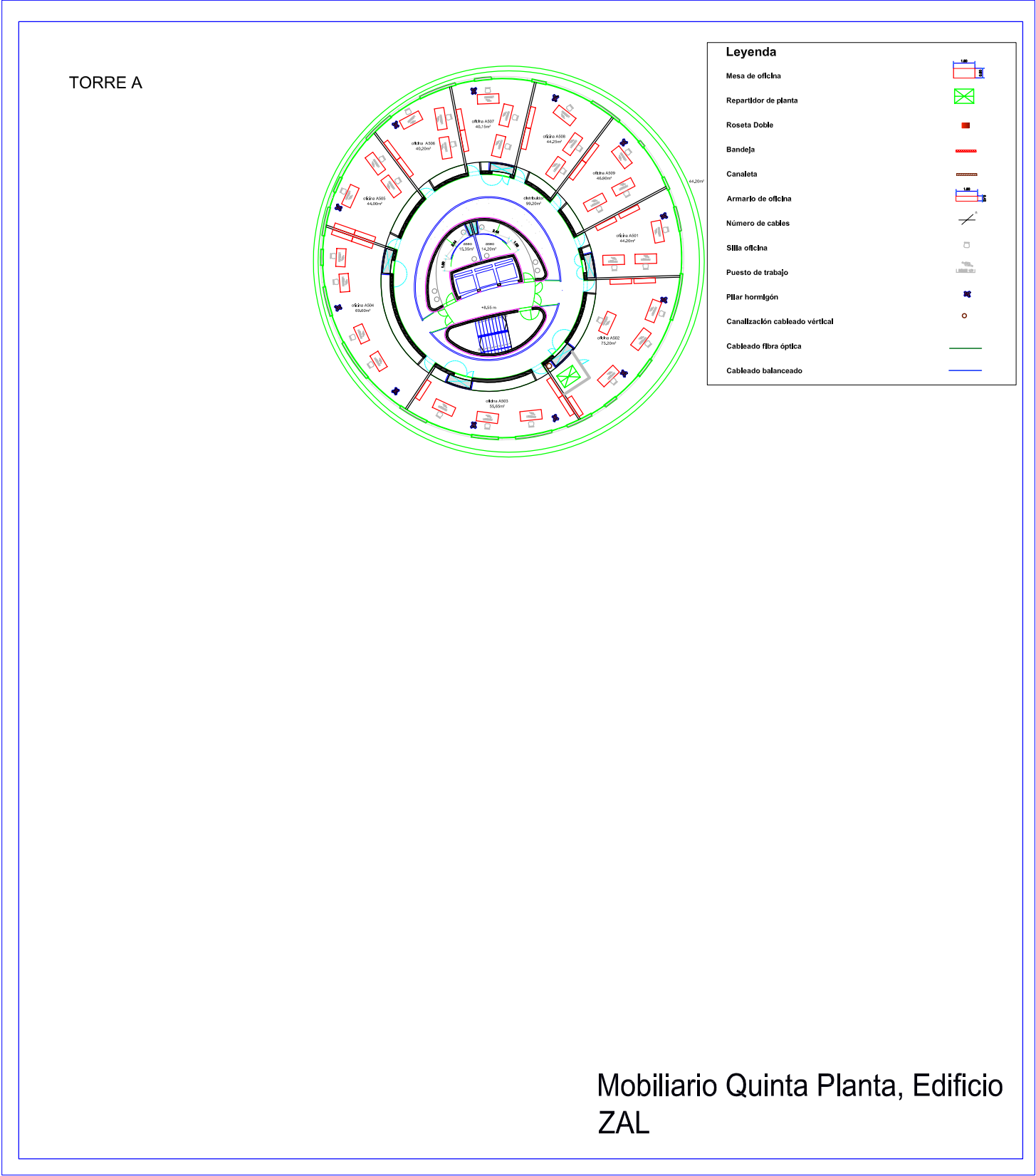




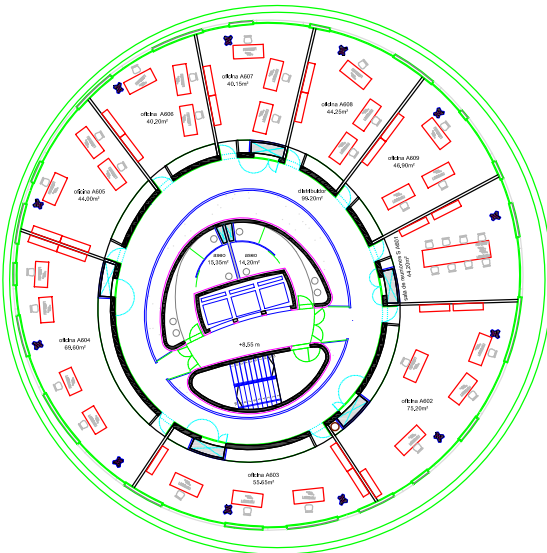








TORRE A



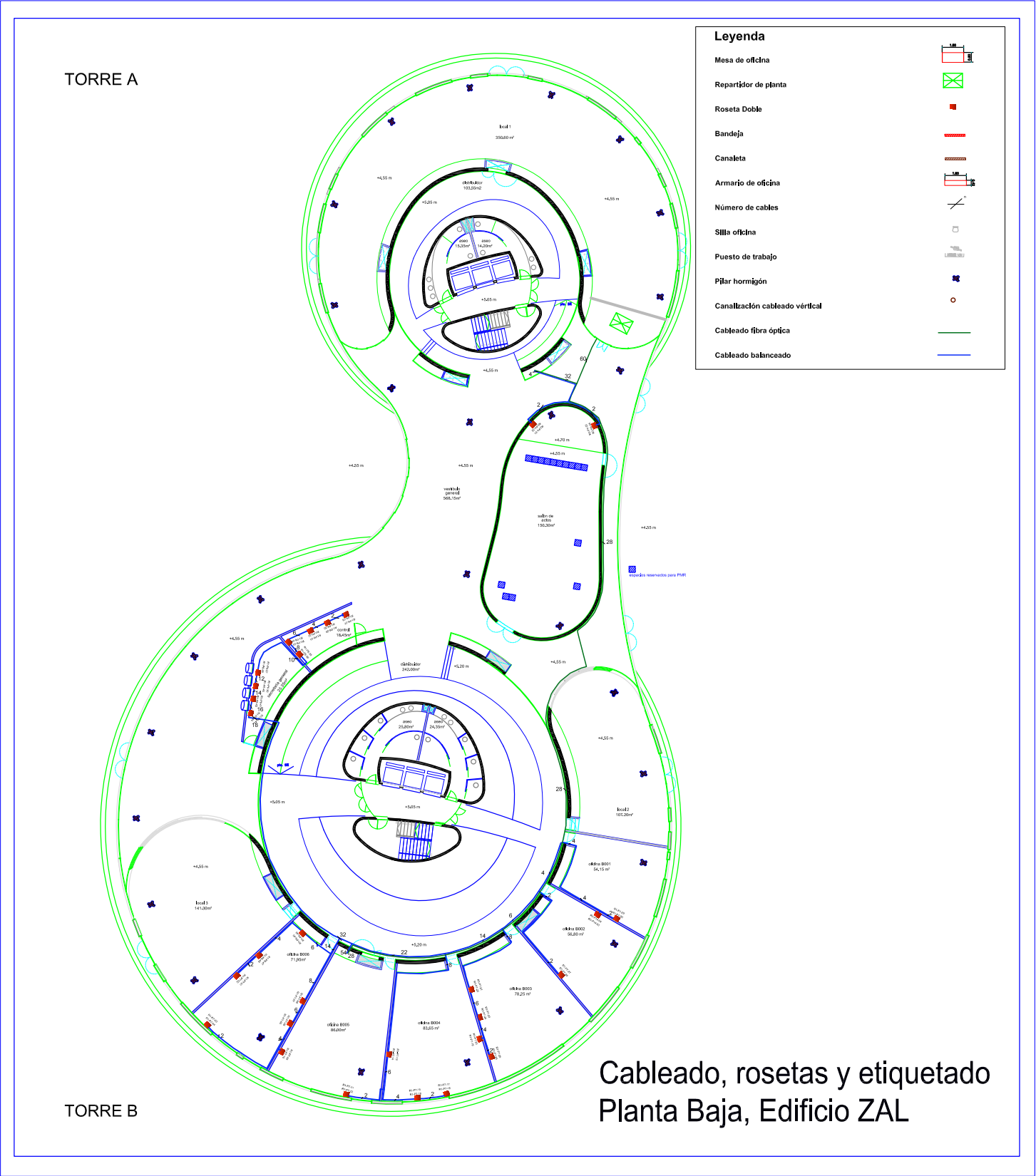
**Leyenda**

Mesa de oficina	
Repartidor de planta	
Roseta Doble	
Bandeja	
Canaleta	
Armario de oficina	
Número de cables	
Silla oficina	
Puesto de trabajo	
Pilar hormigón	
Canalización cableado vertical	
Cableado fibra óptica	
Cableado balanceado	

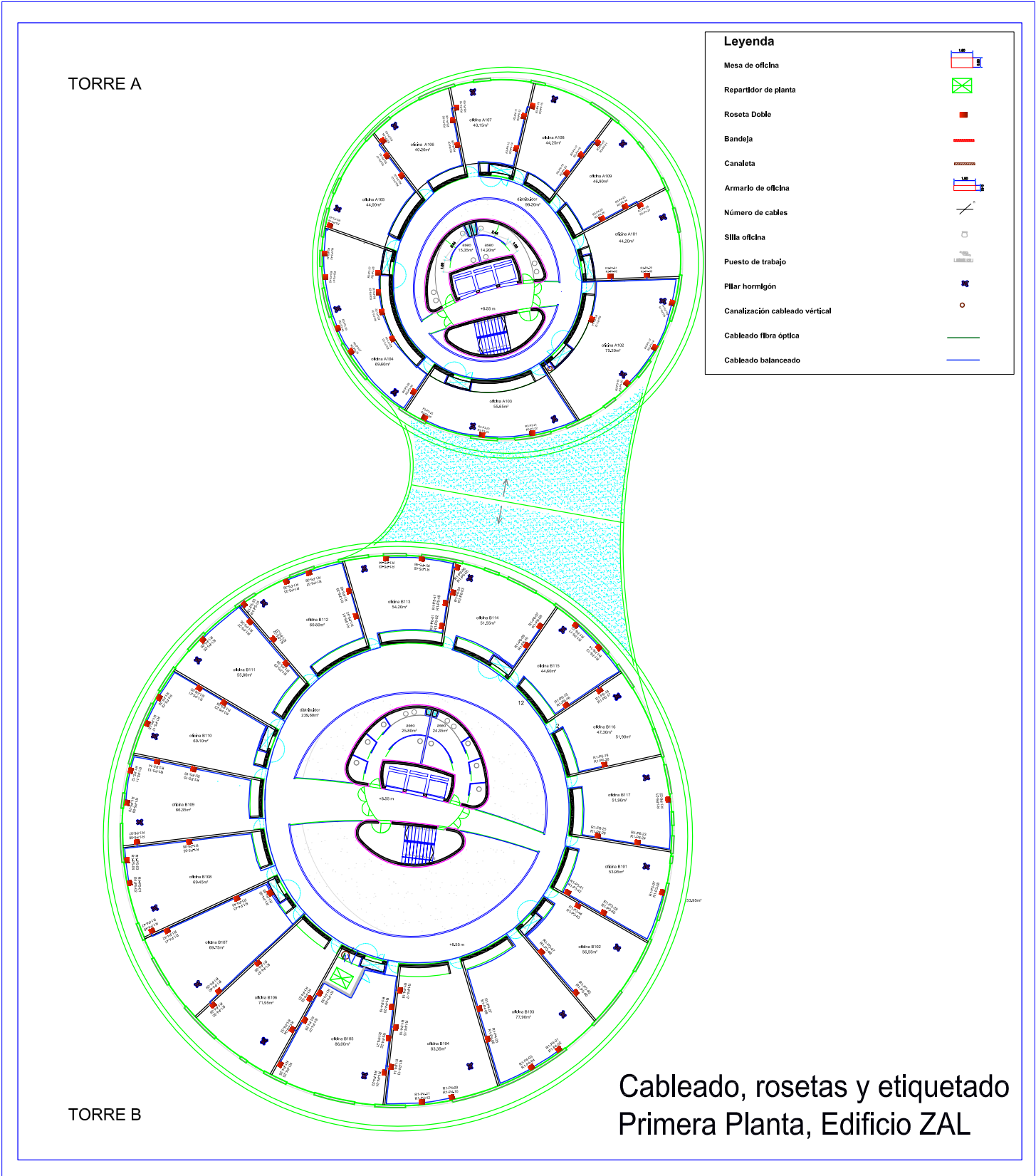
Mobiliario Sexta Planta, Edificio ZAL

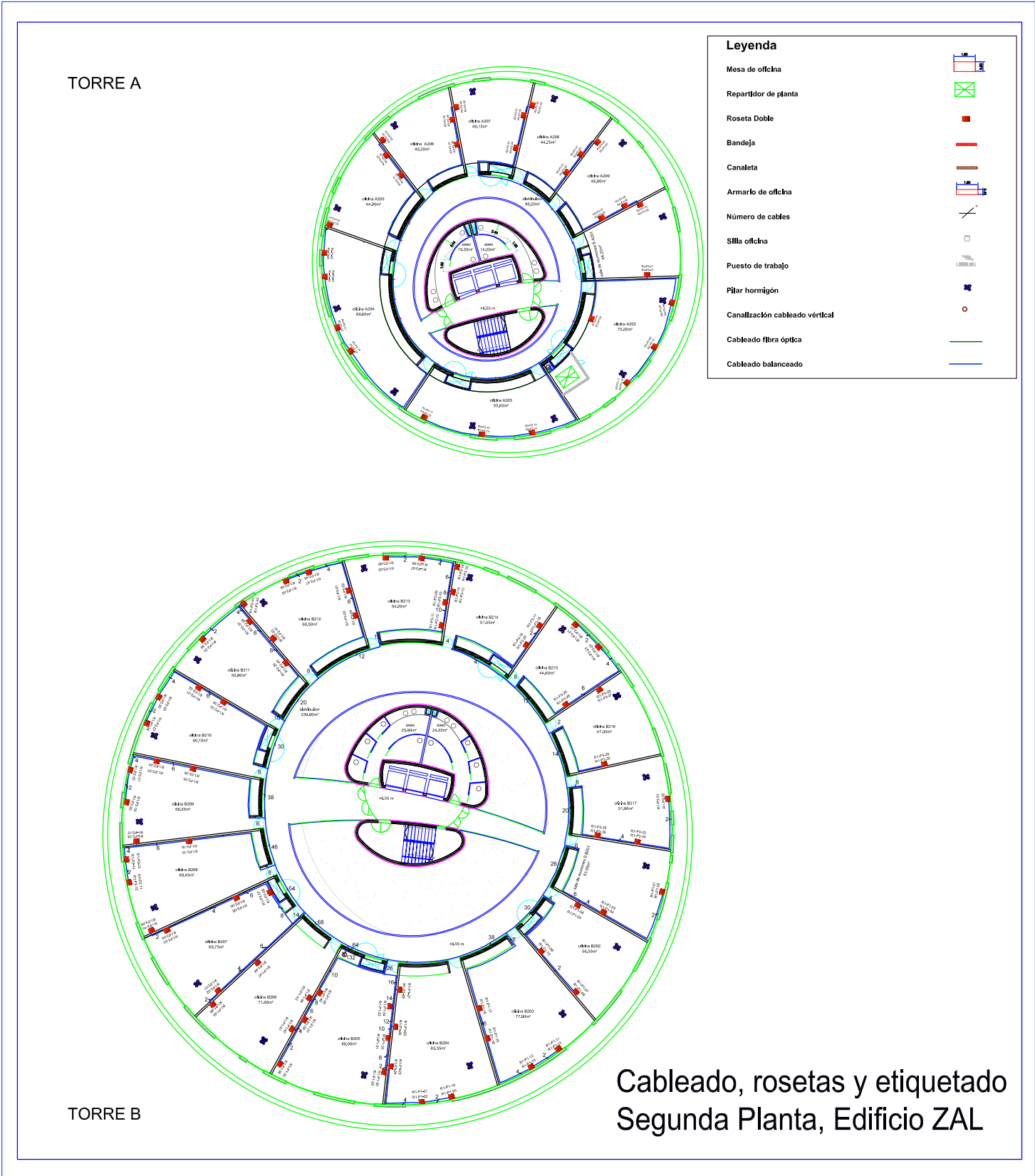


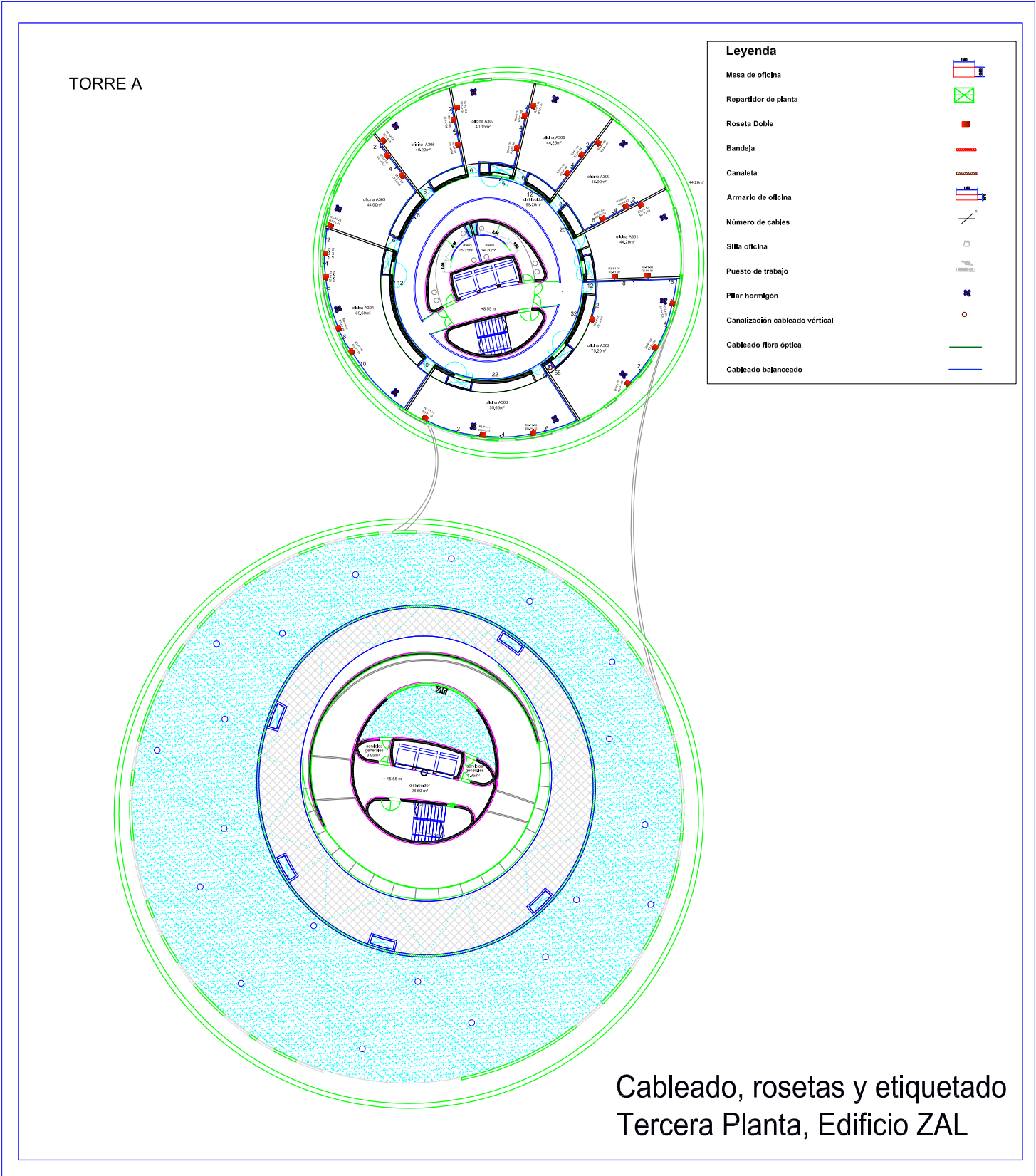
8.3 Sistema cableado

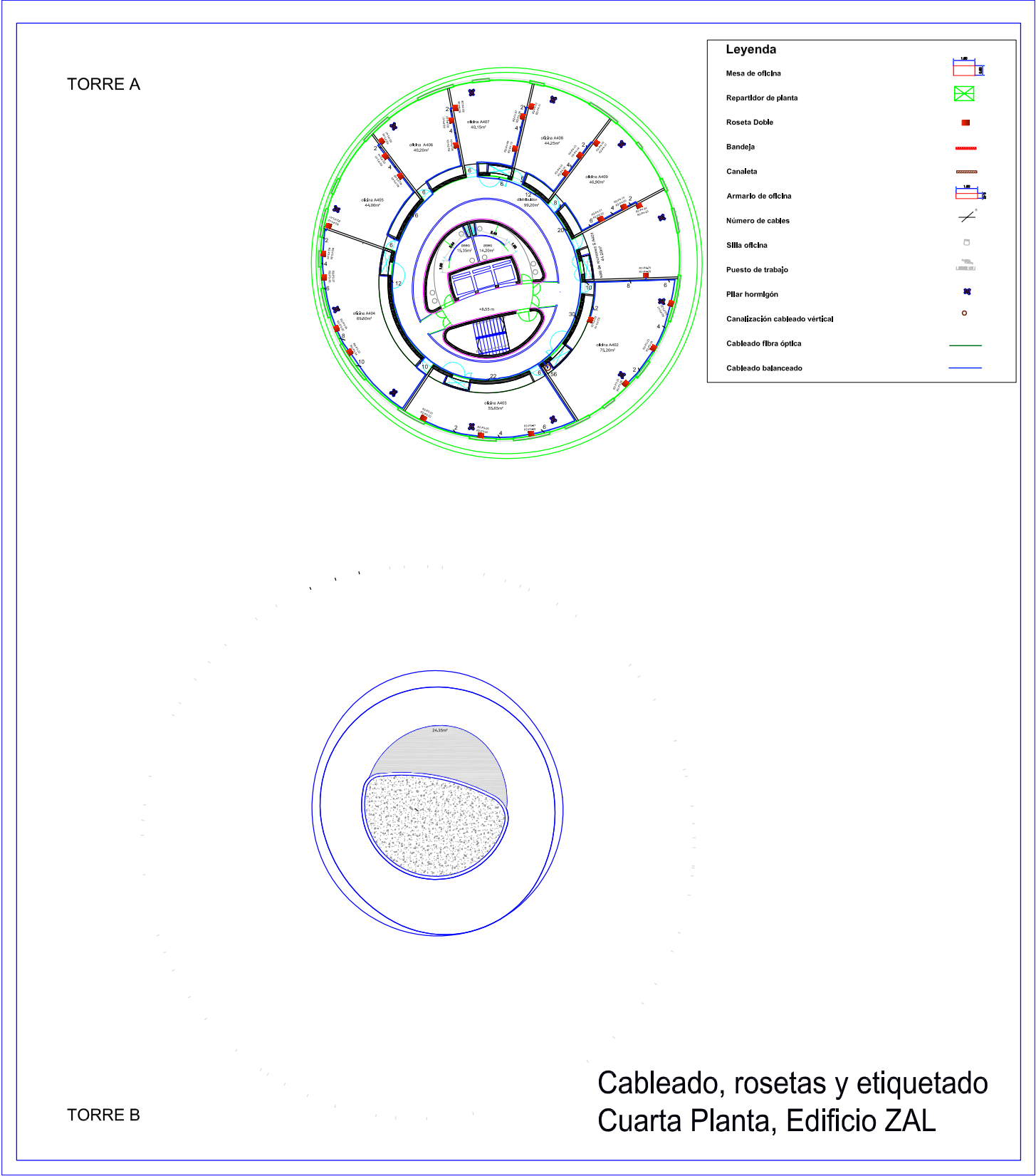


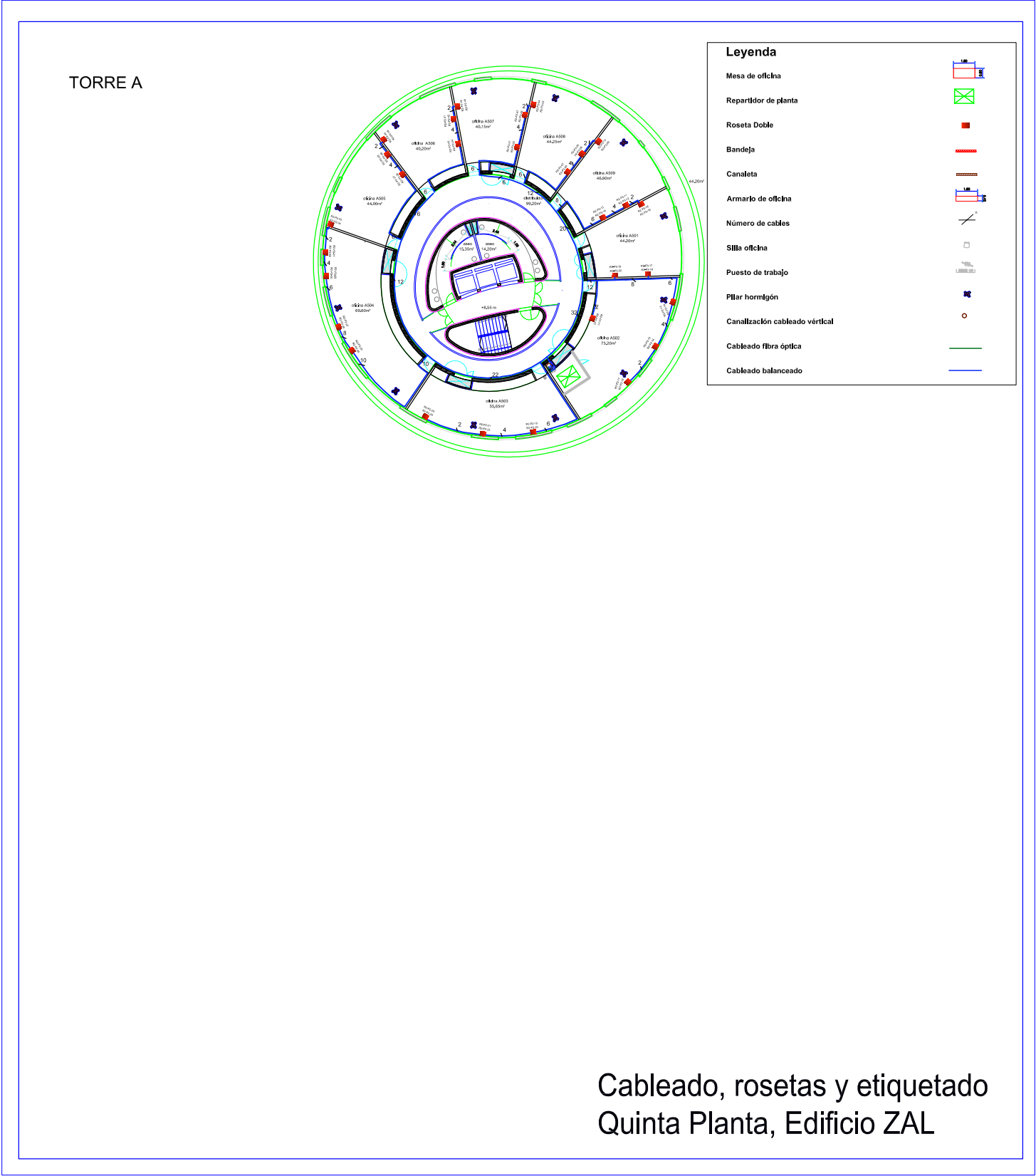




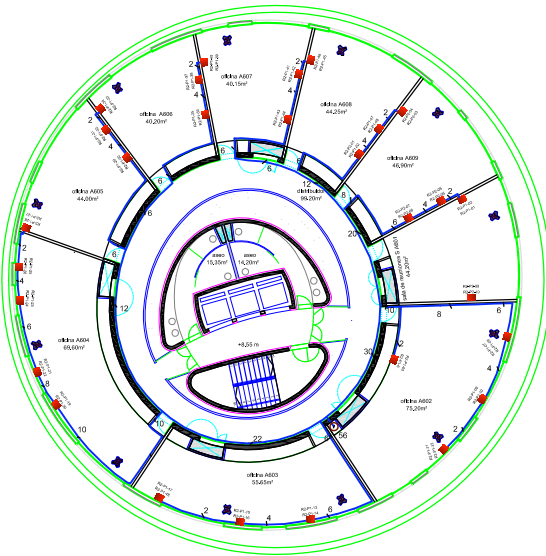








TORRE A



**Leyenda**

Mesa de oficina

Repartidor de planta

Roseta Doble

Bandeja

Canaleta

Armario de oficina

Número de cables

Silla oficina

Puesto de trabajo

Pilar hormigón

Canalización cableado vertical

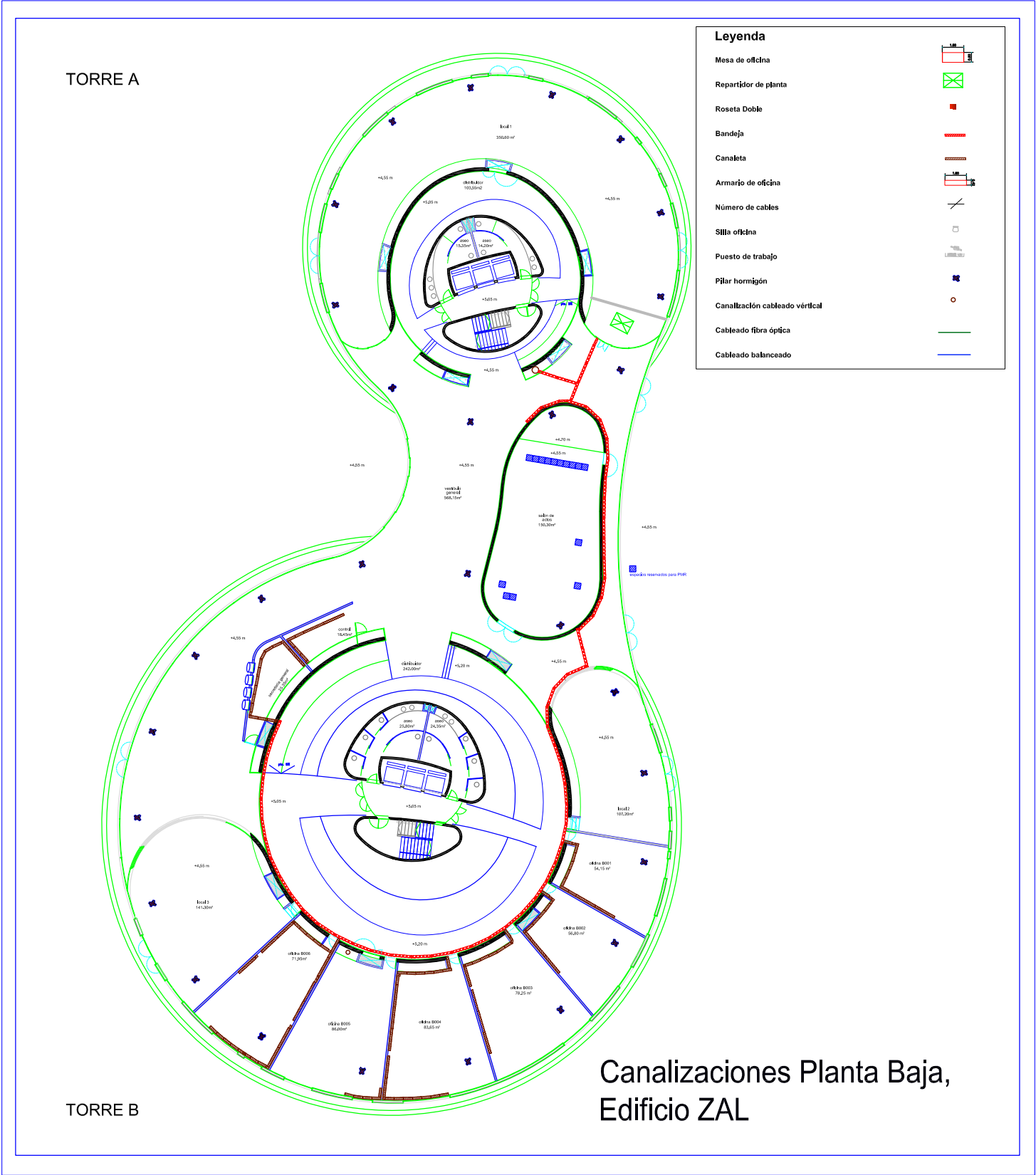
Cableado fibra óptica

Cableado balanceado

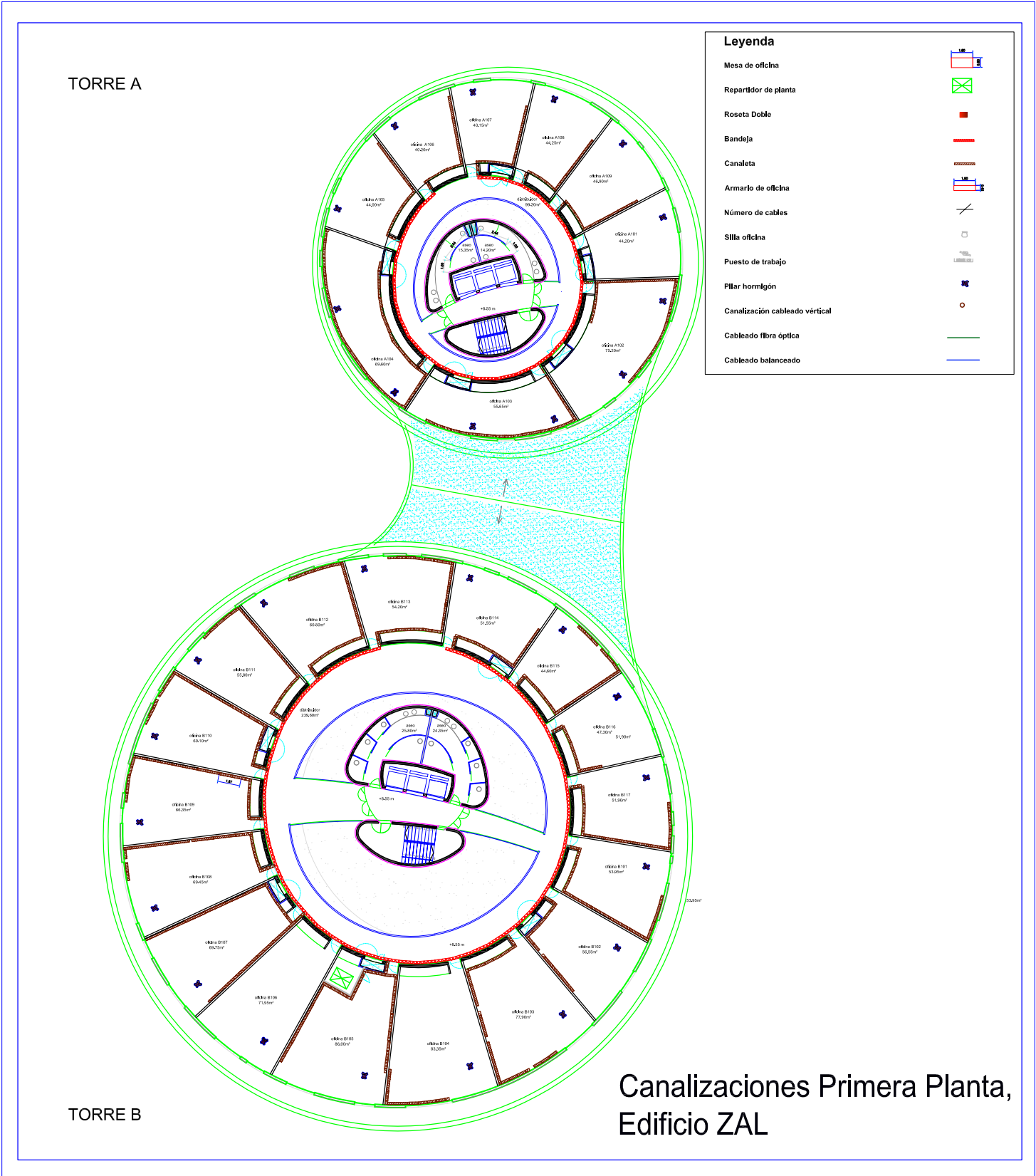
Cableado, rosetas y etiquetado  
Sexta Planta, Edificio ZAL

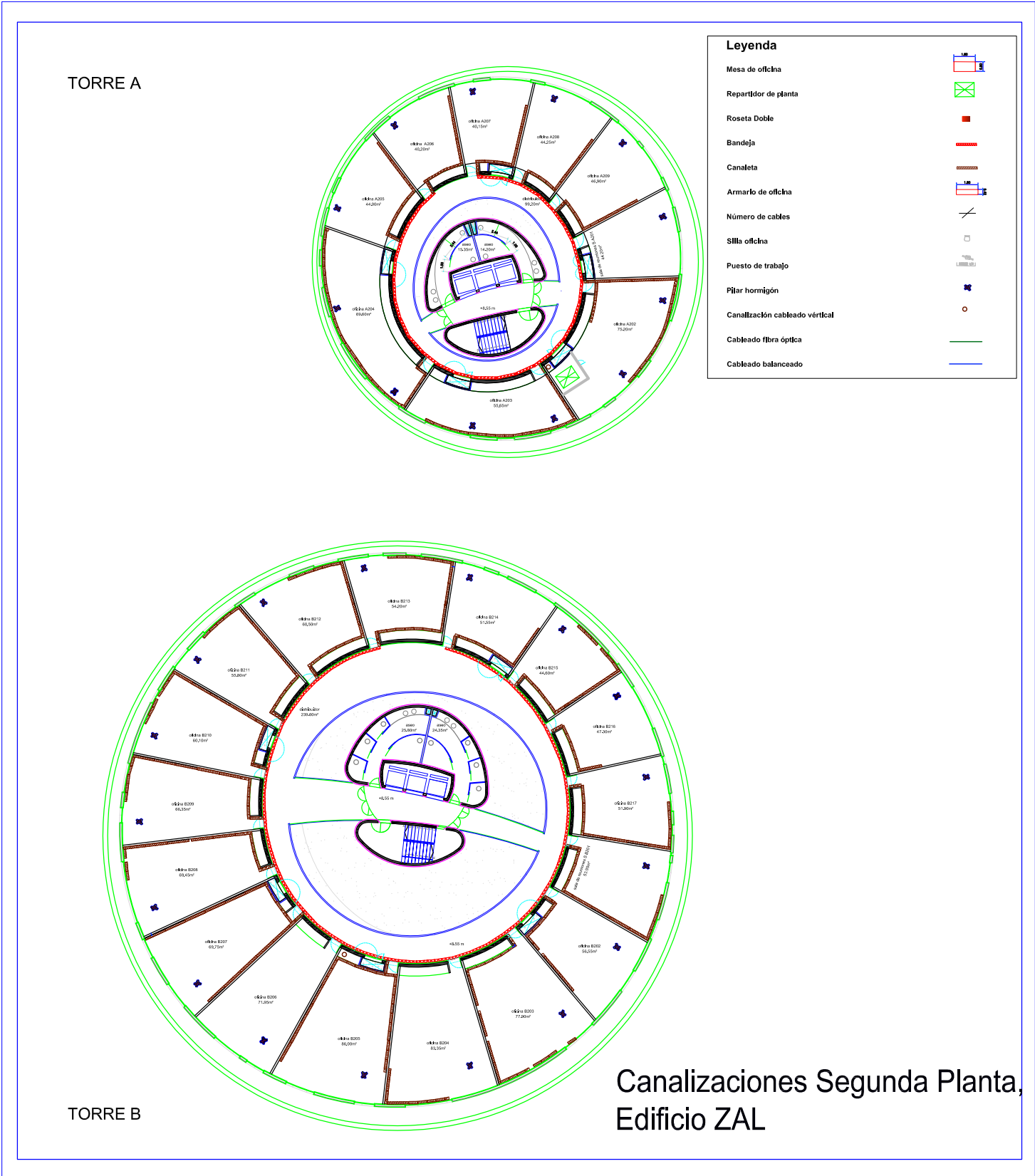


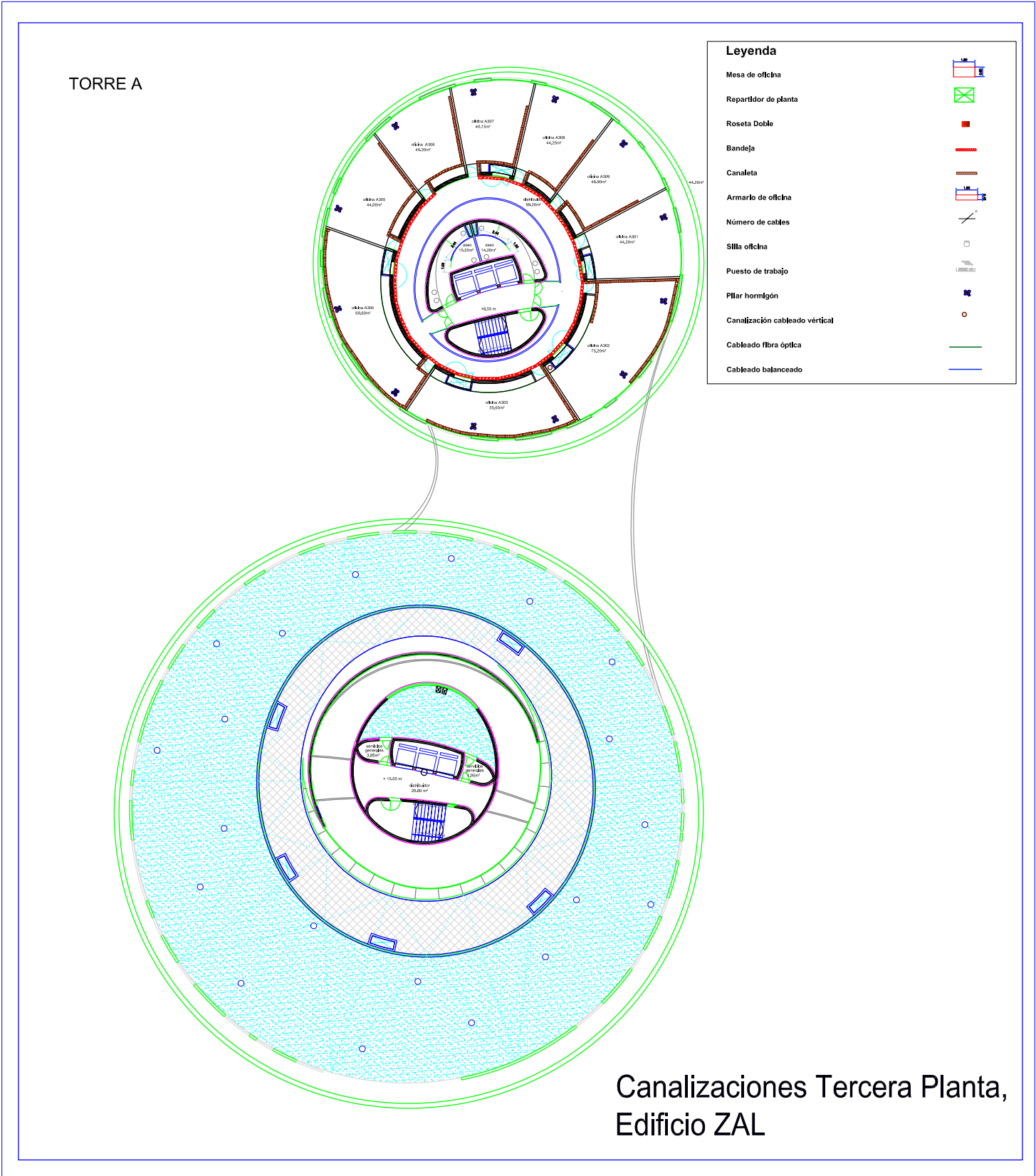
8.4 Sistema canalizaciones

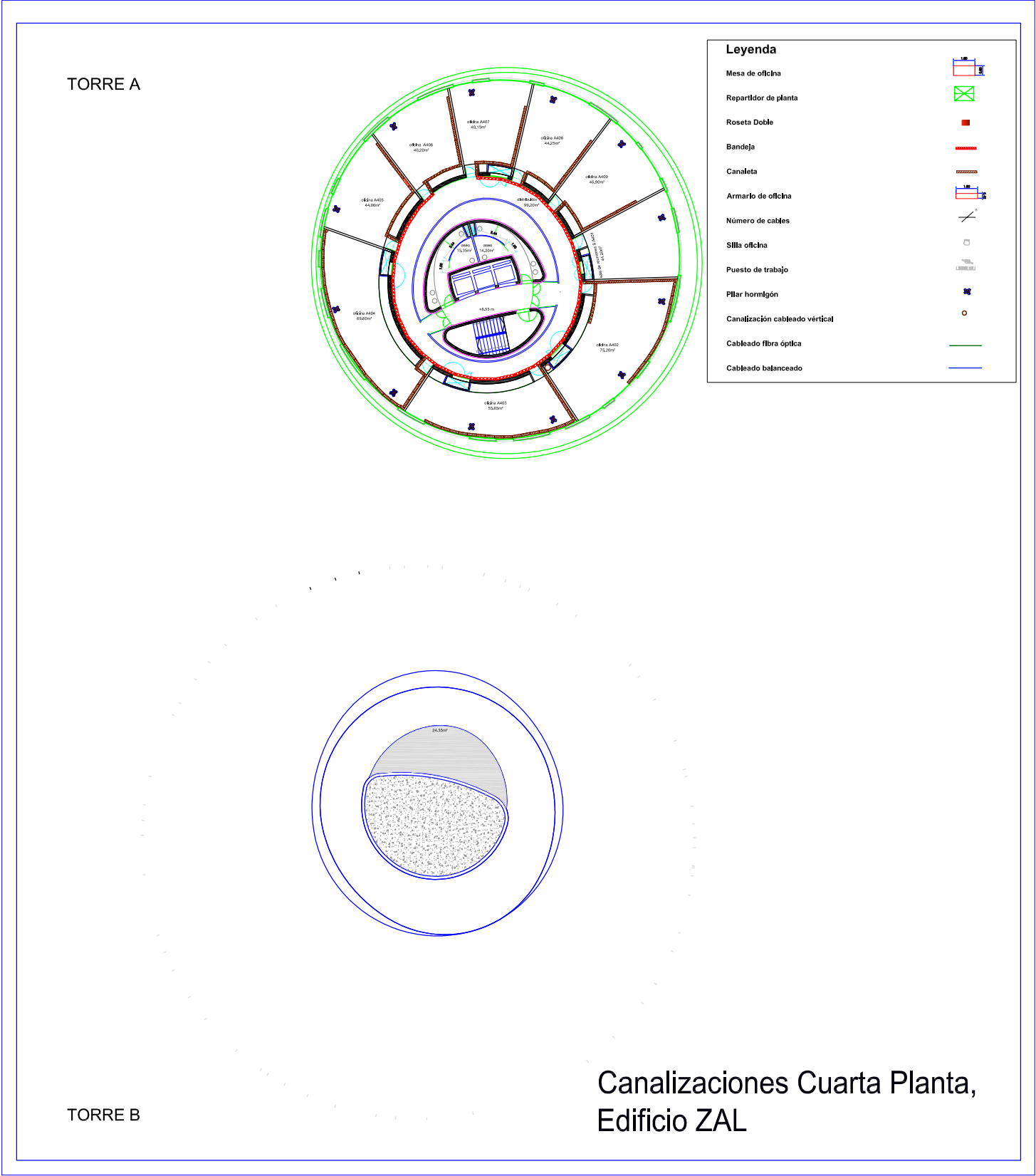




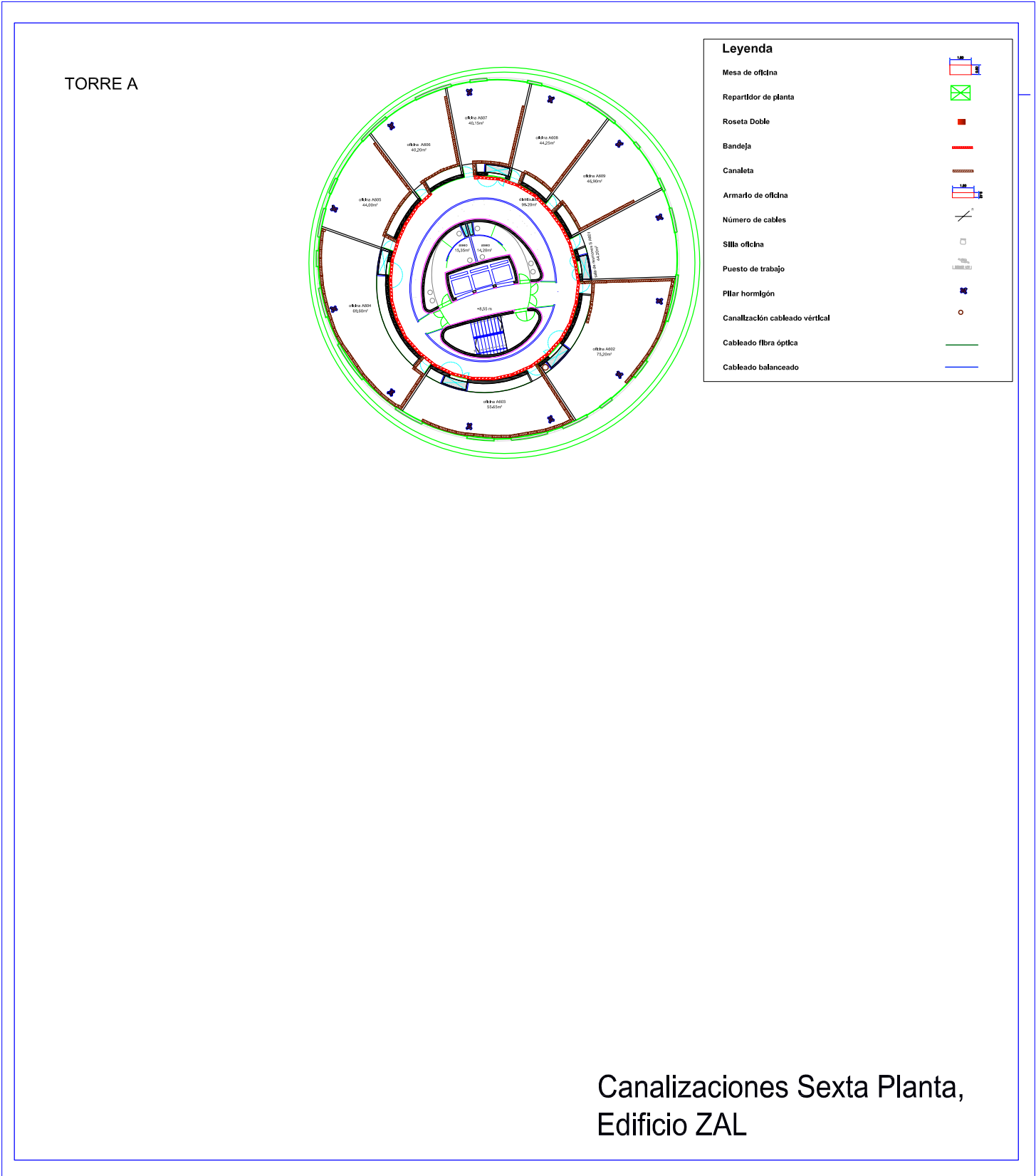












## Apéndice A

### Siglas y abreviaturas

En este capítulo se recogerá una serie de siglas y definiciones, empleadas a lo largo del proyecto, que permitirá entender mejor la documentación del proyecto, aclarando vocabulario técnico y específico de las redes de computadores.

## A.1 Deficiones

A continuación, pasamos a definir términos que aparecen en esta memoria.

**Balun:** Dispositivo adaptador de impedancias que convierte líneas de transmisión simétricas en asimétricas. A continuación podemos ver una imagen ilustrativa de un balun.

**Equipo terminal:** Equipo (por ejemplo, un computador) que proporciona acceso de usuario a una aplicación en una toma de telecomunicaciones.

**Cable de troncal de campus:** Cable que conecta el repartidor de campus con el(los) repartidor(es) de edificios. Los cables de troncal de campus pueden interconectar también repartidores de edificios.

**Cable de troncal de edificio:** cable que conecta el repartidor de edificio con un repartidor de planta. Los cables de troncal de edificio también pueden conectar varios repartidores de planta en el mismo edificio.

**Repartidor:** término empleado para las funciones del conjunto de componentes (por ejemplo paneles de parcheo, latiguillos de parcheo) usado para conectar cables. Un repartidor es el rack en sí y todo lo que este contiene: switchs, path panel, regletas, ventiladores, entre otros.

**Cable horizontal:** cable que conecta el repartidor de planta a la(s) toma(s) de telecomunicaciones o punto(s) de consolidación.

**Punto de consolidación (CP):** punto de conexión en el subsistema de cableado horizontal entre un repartidor de planta y una toma de telecomunicaciones. Este punto sólo puede estar formado por elementos pasivos. Su función se orienta a proporcionar una mayor flexibilidad en la reubicación de tomas de usuario dentro de un entorno de oficina diáfana.

**Cable de punto de consolidación; cable CP:** Cable que conecta un punto de consolidación con una toma de telecomunicaciones.

**Cable de punto de consolidación (cable CP):** cable que conecta un punto de consolidación con una toma de telecomunicaciones.

**Conjunto TO multiusuario (conjunto MUTO):** conjunto de tomas de telecomunicaciones agrupadas en una misma área de trabajo y atendidas desde un punto de consolidación.

**Toma de telecomunicaciones (TO):** Dispositivo de conexión fijo donde termina el cableado horizontal. La toma de telecomunicaciones provee la interfaz con el cableado del área de trabajo.

**Cable:** Conjunto de una o más unidades de cable del mismo tipo y categoría en una cubierta común. Puede incluir un apantallamiento común.

**Área de trabajo:** Espacio del edificio donde los ocupantes interactúan con el equipo terminal.

**Interfaz de equipo:** Punto en el que el equipo específico a la aplicación puede conectarse al cableado genérico o al cableado de acceso a la red.



**Interfaz de prueba:** Punto donde el equipo de medida puede conectarse al cableado genérico.

**Cuarto de equipos:** Cuarto dedicado a alojar repartidores y equipos específicos a la aplicación.

**Cable de punto de consolidación (CP):** cable que conecta un punto de consolidación con una toma de telecomunicaciones.

**Cuarto de equipos:** Cuarto de equipos es un área dentro de un edificio donde los equipos de telecomunicaciones están alojados y puede contener repartidores o no. En un cuarto de equipos puede ubicarse más de un repartidor.

**Cuarto de telecomunicaciones:** espacio confinado para alojar equipos de telecomunicaciones, terminaciones de cable y para realizar conexiones cruzadas de cableado.

**Interfaz de red externa:** Punto de demarcación entre la red externa y la red privada.

**Acometidas de acceso al edificio:** Instalaciones que proporcionan todos los servicios mecánicos y eléctricos necesarios, que cumplen con la legislación aplicable para la entrada de cables de telecomunicaciones en un edificio y que pueden tener en cuenta las transiciones del cableado exterior al interior.

**Latiguillo:** Elemento o unidad de cable con una terminación como mínimo.

**Latiguillo de área de trabajo:** Latiguillo que conecta la toma de telecomunicaciones al equipo terminal.

**Latiguillo de equipo:** latiguillo que conecta un equipo a un repartidor.

**Interfaz de equipo:** punto en el que el equipo específico a la aplicación puede conectarse al cableado genérico o al cableado de acceso a la red.

**Clasificación MICE:** Sistema de clasificación que describe las condiciones de entorno de un canal basadas en los siguientes factores: Mecánicos (M), Estanqueidad (I), Climáticos y Químicos (C) y Electromagnéticos (E).

**Cableado:** Sistema de cables de telecomunicaciones, latiguillos y hardware de conexión que soporta el funcionamiento de equipos de tecnologías de la información.

**Cable balanceado:** cable consistente en uno o más elementos de cables metálicos y simétricos (pares trenzados).

**Elementos de cable:** Unidad mínima de construcción en un cable. Un elemento de cable puede tener apantallamiento.

**Unidad de cable:** conjunto sencillo de uno o más elementos de cable, normalmente del mismo tipo o categoría. Una unidad de cable puede tener apantallamiento.

**Cable de fibra óptica:** Cable que comprende uno o más elementos de fibra óptica.

**Canal:** cualquier camino de transmisión mediante componentes de cableado pasivo que conecta dos equipos cualesquiera específicos a la aplicación o un equipo específico a la aplicación y una interfaz de red externa.

**Par:** par trenzado o circuito de un lado en un cuadro de estrella.

**Cuadrete de estrella:** elemento de cable que comprende cuatro conductores aislados y trenzados entre sí. Dos conductores diametralmente opuestos forman un par de transmisión.

**Cable híbrido:** conjunto de dos o más tipos o Categorías diferentes de cables o de unidades de cable protegidos por una cubierta común. Puede incorporar apantallamiento global.

**Puente:** cable, unidad o elemento de cable sin conectores, empleando para realizar una conexión en un panel de conexiones cruzadas.

**Backbone:** Corresponde al cableado troncal o vertical de un edificio.

**Pérdida de retorno:** La pérdida de retorno es la diferencia entre la potencia de la señal transmitida y la potencia de las reflexiones de la señal causadas por las variaciones en la impedancia del cable. Sirve para medir la variación de la impedancia de entrada de un canal.

**Armarios:** Mobiliario cerrado que proporciona seguridad adicional para albergar cajas y otros equipos incluyendo elementos de transmisión activos y pasivos.

**Proveedores de sistemas de cableado:** Persona que suministra los componentes de cableado y materiales.

**Caja:** Elemento o contenedor abierto o cerrado cuyo propósito es albergar hardware de conexión, permanent, semipermanente o desmontable.

**Hardware de conexión:** Dispositivo o combinación de dispositivos empleado para conectar dos cables o elementos de cable.

**Usuario final:** Persona que precisa o usa servicios de telecomunicaciones.

**Identificador:** Elemento de información único que permite distinguir un componente específico de la infraestructura de telecomunicaciones en los registros de administración.

**Etiqueta:** Medio para marcar claramente un componente específico de la infraestructura de telecomunicaciones con su identificador y (opcionalmente) información adicional.

**Enlace:** Camino de transmisión entre dos interfaces de cableado cualesquiera.

**Radio mínimo de curvatura (instalación):** Radio mínimo, como lo define el fabricante/proveedor del cable, que puede admitir la curvatura del cablea durante la instalación.

**Radio mínimo de curvatura (funcionamiento):** Radio mínimo, como lo define el fabricante/proveedor del cable, que puede admitir la curvatura del cable durante la instalación y en su posición de funcionamiento final.

**Equipo de transmisión pasiva:** Equipo no activo necesario para soportar una aplicación específica en conjunción con equipos activos de transmisión.

**vías (Vías (ruta del cable, vía de cable):** Camino definido para cables entre puntos de terminación.

**Sistemas de canalizaciones:** Área o volumen definido por marcas o un sistema específico de administración de cable, incluyendo los especificados en las series de Normas EN 50085 y EN 50086.

**Proveedor de red pública:** Proveedor de servicios de red pública al usuario final quien, a lo largo de cierta distancia, tiene que confiar en la provisión de cableado de tecnología de la información en el interior de parte de los inmuebles.

**Proveedor de servicios:** Proveedor de servicios de telecomunicaciones al usuario final dentro de los inmuebles.

**Espacio:** Área confinada, como puede ser armario, sala de equipos, sala del repartidor, entre otros, empleada para albergar terminales del cable o equipos.

**Punto de terminación:** Conexión, conector macho o hembra (según sea necesario) unido a un cable instalado y albergado en una caja.

**sistema de transmisión:** Equipos de transmisión, tanto activos como pasivos, junto con el cableado instalado necesario para soportar una aplicación específica entre dos o más puntos.

## A.2 Abreviaturas

Las abreviaturas que han sido empleadas a lo largo del proyecto son las siguientes:

**MUTO:** Toma de telecomunicaciones multiusuario.

**TO:** Toma de telecomunicaciones.

**TE:** Equipo terminal.

**CP:** Punto de consolidación.

**IE:** interfaz de equipos.

**AEE:** acometida de acceso al edificio.

**MICE:** Mecánicos (M), Estanqueidad (I), Climáticos y Químicos(C) y Electromagnéticos (E).

**CCCB:** controles, comandos y comunicaciones en edificios.

**BCT:** tecnologías de difusión y comunicación.

**C:** conexión.

**EQP:** Equipo.

**RC:** repartidor de campus.

**RE:** repartidor de edificio.

**RP:** repartidor de planta.

**IP:** interfaz de prueba.

**DTP:** Dynamic Trunking Protocol.

**PAGP:** Port Aggregation Protocol.

**VLAN:** Virtual Local Area Network.

**VTP:** supports dynamic.

**LACP:** Link Aggregation Control Protocol.

**GVRP**: Generic VLAN Registration Protocol.

**SSH**: Secure Shell, intérprete de órdenes seguras.

**SSL**: Secure Socket Layer.

**ARP**: address resolution protocol.

**DHCP**: dynamic Host Configuration Protocol.

**BPDU**: Bridge Protocol Data Units.

**DAI**: Dynamic ARP Inspection.

**NEAT**: Network Edge Access Transport.

**RPF**: Reverse Path Forwarding.

**SNMPv3**: Simple Network Management Protocol.

**SPAN**: Switched Port Analyzer.

**STRG**: Spanning Tree Root Guard.

**IGMP**: Internet Group Management Protocol.

**SFP+**: enhanced small form-factor pluggable.

**SFP**: Small form-factor pluggable transceiver.

**MAB**: MAC Auth Bypass.

**RTG**: Redundant trunk group.

**PVST+**: per VLAN Spanning Tree.

**PVRST+**: per-VLAN Rapid Spanning Tree.

**ACL**: lista de control de acceso.

**VSTP**: VLAN Spanning Tree Protocol.

**QSFP+**: Quad Small Form Factor Pluggable.

**CAD**: Diseño asistido por ordenador (Computer aided design).

**PTR**: Punto de terminación de red (Network termination point, NTP).

**c.a.**: Corriente alterna.

**c.c.**: Corriente continua.

**AT**: Alta tensión.

**BT**: Baja tensión.

**CSMA/CD**: Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones.

**LAN**: Local Área Network.

**MAN:** Metropolitan Area Network.

**WAN:** Wide Area Network.

**SONET:** Synchronous Optical Networking.

**SDH:** Synchronous Digital Hierarchy.

**TCP/IP:** Transmission Control Protocol and Internet Protocol.

**OTN:** Oracle Technology Network.

**MAC:** Media Access Control.



## Apéndice B

# Planificación del proyecto

La información más detallada acerca de la planificación temporal del proyecto la podemos ver a continuación.



# Informe GanttProject

Proyecto : Proyecto de Sistema de Cableado Estructurado para el Edificio ZAL

Inicio : 3/09/12

Fin : 1/02/13

Organización :

Página web :

Descripción :

Proyecto de Sistema de Cableado Estructurado diseñado para el Edificio ZAL, ubicado en Algeciras, Cádiz.

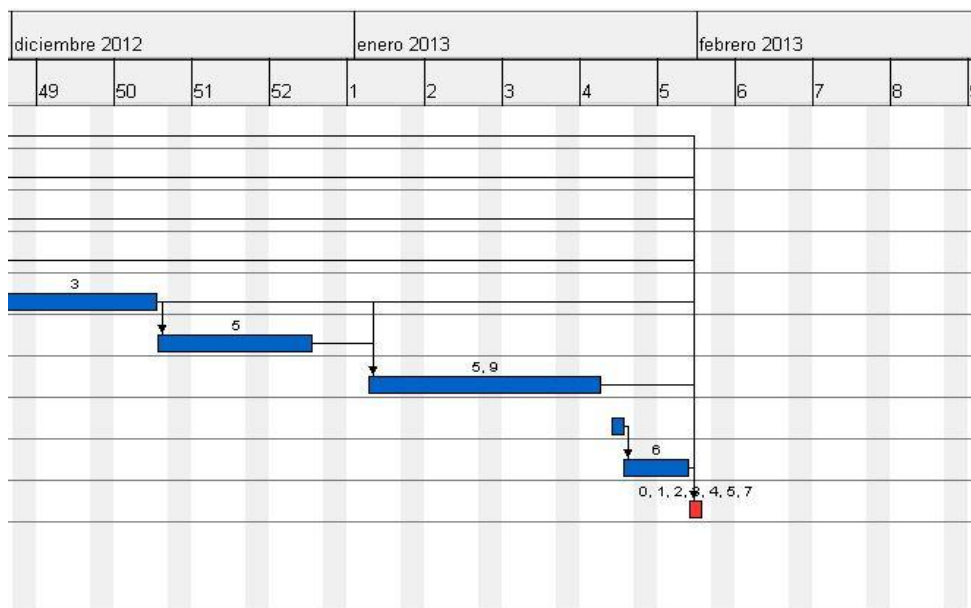
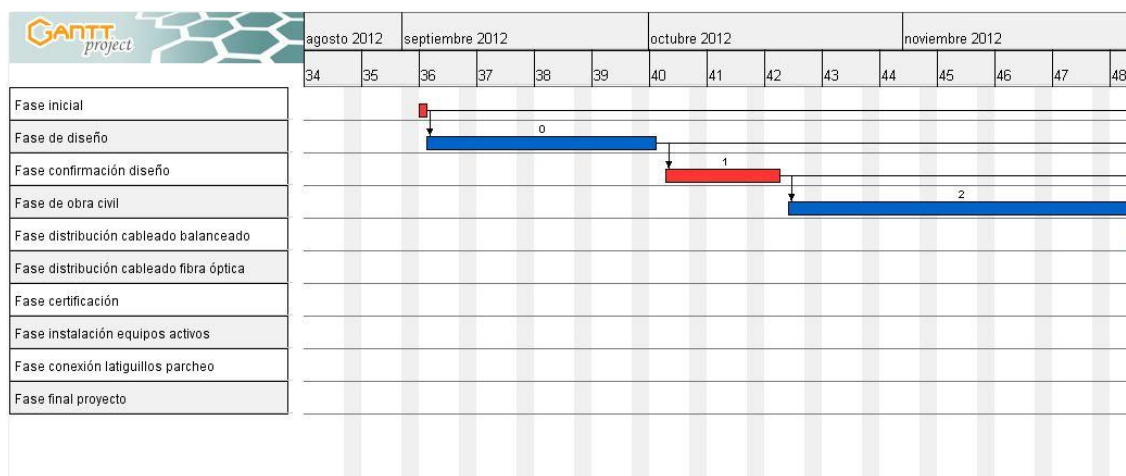
## Lista de tareas

Nombre	Inicio	Fin	Hito	%	Recursos	Notas
Fase inicial	3/09/12	4/09/12	false	0	Trabajadores Edificio ZAL Ingeniero jefe de proyecto Gerente Edificio	
Fase de diseño	4/09/12	2/10/12	false	0		
Fase confirmación diseño	3/10/12	17/10/12	false	0	Ingeniero jefe de proyecto Gerente Edificio	
Fase de obra civil	18/10/12	29/11/12	false	0	Ingeniero jefe de proyecto Albañiles	
Fase distribución cableado balanceado	29/11/12	14/12/12	false	0	Ingeniero jefe de proyecto electricistas	
Fase distribución cableado fibra óptica	14/12/12	28/12/12	false	0	Ingeniero jefe de proyecto electricistas	
Fase certificación	2/01/13	23/01/13	false	0	Ingeniero jefe de proyecto Certificador Gerente Edificio	Festividad de navidad:25 de Diciembre. No laboral. Festividad de noche vieja:31 de Diciembre.No laboral
Fase instalación equipos activos	24/01/13	25/01/13	false	0	Ingeniero jefe de proyecto electricistas	
Fase conexión latiguillos parcheo	25/01/13	31/01/13	false	0	Ingeniero jefe de proyecto electricistas	
Fase final proyecto	31/01/13	1/02/13	false	0	Ingeniero jefe de proyecto Gerente Edificio	

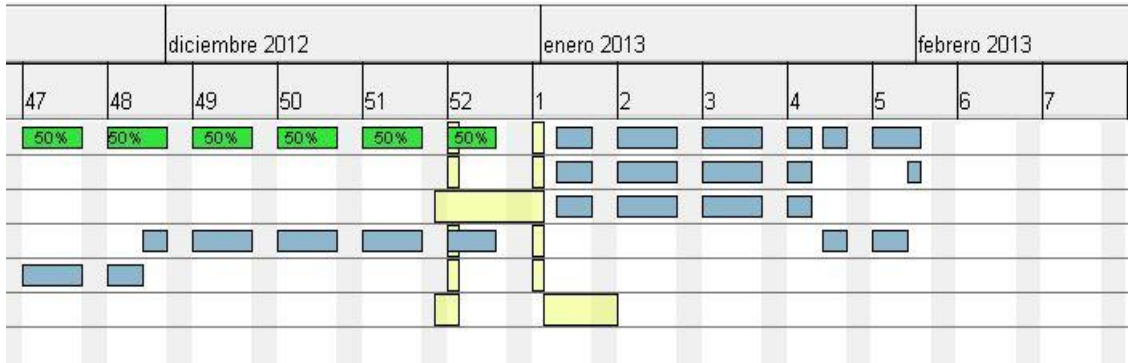
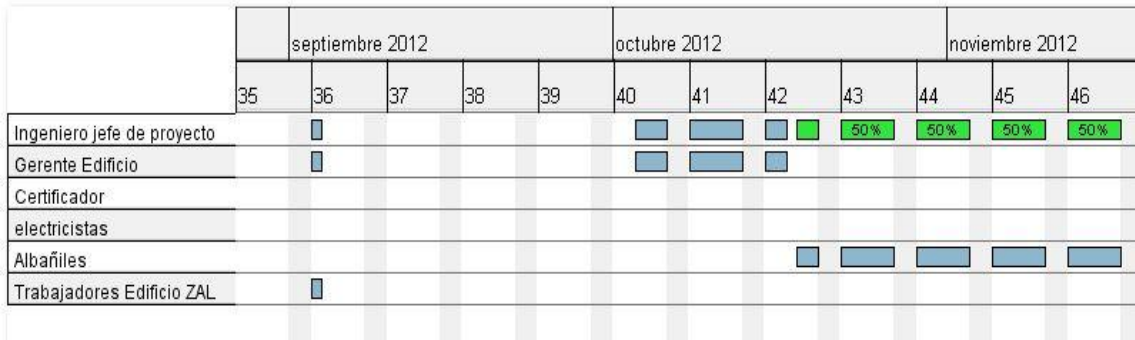
## Lista de recursos

Nombre	Función	E-Mail	Teléfono
Name:Ingeniero jefe de proyecto	Encargado del proyecto	ingenierojefe@solucionescableado.com	
Name:Gerente Edificio	Función sin especificar	gerenteZal@yahoo.com	
Name:Certificador	Indefinido		
Name:electricistas	Indefinido		
Name:Albañiles	Indefinido		
Name:Trabajadores Edificio ZAL	Función sin especificar		

# Informe GanttProject



## Informe GanttProject





## Apéndice C

### Datasheets y fichas técnicas

Como documentación complementaria, en este anexo se podrá consultar las fichas técnicas de cada uno de los componentes más relevantes empleados en el sistema de cableado estructurado que se ha desarrollado para el Edificio ZAL.

Decir que esta documentación ha sido elaborada por los fabricantes o, en su caso, distribuidores oficiales de cada uno de los componentes, teniendo total validez la información contenida en cada una de las fichas técnicas proporcionadas.

## **C.1 Switch Capa de Acceso**

La ficha técnica para el switch **Cisco Catalyst 2960S 48-TD-L** es la siguiente:



## Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches with LAN Base Software

The Cisco® Catalyst® 2960-S and 2960 Series Switches are the leading Layer 2 edge, providing improved ease of use, highly secure business operations, improved sustainability, and a borderless network experience. The Catalyst 2960-S Series Switches include new FlexStack switch stacking capability with 1 and 10 Gigabit connectivity, and Power over Ethernet Plus (PoE+) with the Cisco Catalyst 2960 Series Switches offering Fast Ethernet access connectivity and PoE capabilities. The Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series are fixed-configuration access switches designed for enterprise, midmarket, and branch office networks to provide lower total cost of ownership. The Cisco Catalyst 2960-S is shown in Figure 1, and the Cisco Catalyst 2960 Series Switches are shown in Figure 2.

What's new for the Cisco Catalyst 2960-S Series Switches with LAN Base Software:

- 10 and 1 Gigabit Ethernet uplink flexibility with Small Form-Factor Pluggable Plus (SFP+), providing business continuity and fast transition to 10 Gigabit Ethernet
- 24 or 48 ports of Gigabit Ethernet desktop connectivity
- Cisco FlexStack stacking module with 20 Gbps of throughput, allowing ease of operation with single configuration and simplified switch upgrade
- PoE+ with up to 30W per port that allows you to support the latest PoE+ capable devices
- Power supply options, with 740W or 370W fixed power supplies for PoE+ switches are available
- USB storage for file backup, distribution, and simplified operations
- A wide range of software features to provide ease of operation, highly secure business operations, sustainability, and a borderless network experience
- Limited lifetime hardware warranty, including next-business-day replacement with 90-day service and support

The Cisco Catalyst 2960 Series Switches with LAN Base Software offer the following:

- Dual-purpose uplinks for Gigabit Ethernet uplink flexibility, allowing use of either a copper or fiber uplink; each dual-purpose uplink port has one 10/100/1000 Ethernet port and one SFP-based Gigabit Ethernet port, with one port active at a time
- 24 or 48 ports of Fast Ethernet desktop connectivity
- PoE configurations with up to 15.4W per port
- A wide range of software features to provide ease of operation, highly secure business operations, sustainability, and a borderless networking experience
- Limited lifetime hardware warranty

**Figure 1.** Cisco Catalyst 2960-S Series Switches



**Figure 2.** Cisco Catalyst 2960 Series Switches



## Switch Configurations

Table 1 shows the configuration information for the Catalyst 2960-S Series Switches with LAN Base Software, and Table 2 shows the configuration information for the Catalyst 2960 Series Switches with LAN Base Software.

**Table 1.** Configurations of Cisco Catalyst 2960-S Series Switches with LAN Base Software

Cisco Catalyst 2960-S Switch Model	Description	Uplinks	Available PoE Power
<b>10 Gigabit Uplinks with 10/100/1000 Ethernet Connectivity</b>			
<b>Cisco Catalyst 2960S-48FPD-L</b>	48 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	2 Ten Gigabit Ethernet SFP+ or 2 One Gigabit Ethernet SFP ports	740W
<b>Cisco Catalyst 2960S-48LPD-L</b>	48 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	2 Ten Gigabit Ethernet SFP+ or 2 One Gigabit Ethernet SFP ports	370W
<b>Cisco Catalyst 2960S-24PD-L</b>	24 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	2 Ten Gigabit Ethernet SFP+ or 2 One Gigabit Ethernet SFP ports	370W
<b>Cisco Catalyst 2960S-48TD-L</b>	48 Ethernet 10/100/1000 ports	2 Ten Gigabit Ethernet SFP+ or 2 One Gigabit Ethernet SFP ports	-
<b>Cisco Catalyst 2960S-24TD-L</b>	24 Ethernet 10/100/1000 ports	2 Ten Gigabit Ethernet SFP+ or 2 One Gigabit Ethernet SFP ports	-
<b>1 Gigabit Uplinks with 10/100/100 Ethernet Connectivity</b>			
<b>Cisco Catalyst 2960S-48FPS-L</b>	48 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	4 One Gigabit Ethernet SFP ports	740W
<b>Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L</b>	48 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	4 One Gigabit Ethernet SFP ports	370W
<b>Cisco Catalyst 2960S-24PS-L</b>	24 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	4 One Gigabit Ethernet SFP ports	370W
<b>Cisco Catalyst 2960S-48TS-L</b>	48 Ethernet 10/100/1000 ports	4 One Gigabit Ethernet SFP ports	-
<b>Cisco Catalyst 2960S-24TS-L</b>	24 Ethernet 10/100/1000 ports	4 One Gigabit Ethernet SFP ports	-
<b>Cisco Catalyst 2960S-STACK</b>	Hot-swappable FlexStack stacking module	-	-
All models available with optional Cisco FlexStack stacking module. No DC power supplies are available.			

**Table 2.** Configurations of Cisco Catalyst 2960 Series Switches with LAN Base Software

Cisco Catalyst 2960 Switch Model	Description	Uplinks	Available PoE Power
<b>1 Gigabit Uplinks with 10/100 Ethernet Connectivity</b>			
Cisco Catalyst 2960-48PST-L	48 Ethernet 10/100 PoE ports	2 One Gigabit Ethernet SFP ports and 2 fixed Ethernet 10/100/1000 ports	370W
Cisco Catalyst 2960-24PC-L	24 Ethernet 10/100 PoE ports	2 dual-purpose ports (10/100/1000 or SFP)	370W
Cisco Catalyst 2960-24LT-L	24 Ethernet 10/100 ports	2 Ethernet 10/100/1000 ports	123W
Cisco Catalyst 2960-24TC-L	24 Ethernet 10/100 ports	2 dual-purpose ports	-
Cisco Catalyst 2960-48TC-L	48 Ethernet 10/100 ports	2 dual-purpose ports (10/100/1000 or SFP)	-
Cisco Catalyst 2960-24TT-L	24 Ethernet 10/100 ports	2 Ethernet 10/100/1000 ports	-
Cisco Catalyst 2960-48TT-L	48 Ethernet 10/100 ports	2 Ethernet 10/100/1000 ports	-
<b>1 Gigabit Uplinks with 10/100/1000 Ethernet Connectivity</b>			
Cisco Catalyst 2960G-24TC-L	24 Ethernet 10/100/1000 ports, 4 of which are dual-purpose (10/100/1000 or SFP)	4 dual-purpose ports (10/100/1000 or SFP)	
Cisco Catalyst 2960G-48TC-L	48 Ethernet 10/100/1000 ports, 4 of which are dual-purpose (10/100/1000 or SFP)	4 dual-purpose ports (10/100/1000 or SFP)	
<b>Compact Switches</b>			
Cisco Catalyst 2960-8TC-L	8 Ethernet 10/100 ports; compact size with no fan	1 dual-purpose port (10/100/1000 or SFP)	
Cisco Catalyst 2960PD-8TT-L	8 Ethernet 10/100 ports; compact size with no fan	1 10/100/1000 PoE input port	
Cisco Catalyst 2960G-8TC-L	7 Ethernet 10/100/1000 ports; compact size with no fan	1 dual-purpose port (10/100/1000 or SFP)	

## Cisco FlexStack Stacking

Cisco FlexStack stacking with a hot-swappable module and IOS software provides true stacking, all switches in a stack act as a single switch unit. The Cisco FlexStack provides a unified data plane, unified configuration, and single IP address management for a group of switches. The advantages of true stacking are lower total cost of ownership through simplified management and higher availability. Cisco FlexStack supports cross-stack features including Etherchannel, SPAN and FlexLink technology. A stack module can be added to any Catalyst 2960-S switch with LAN Base software to quickly upgrade the switch to make it stack capable, and the switch added to the stack will upgrade to the correct Cisco IOS® Software version and transparently become a stack member. Figure 3 shows the FlexStack stacking module for the Catalyst 2960-S.

**Figure 3.** Cisco FlexStack Module and Switches

## Power over Ethernet Plus PoE+

In addition to PoE 802.3af, the Cisco Catalyst 2960-S Series Switches support PoE+ (IEEE 802.3at standard), which provides up to 30W of power per port. The Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches can provide a lower total cost of ownership for deployments that incorporate Cisco IP phones, Cisco Aironet® wireless LAN (WLAN) access points, or any IEEE 802.3af-compliant end device. PoE removes the need for wall power to each PoE-enabled device and eliminates the cost for additional electrical cabling and circuits that would otherwise be necessary in IP phone and WLAN deployments. Table 3 shows the power supply combinations required for different PoE needs.

**Table 3.** Switch PoE and PoE+ Power Capacity

Switch Model	Maximum Number of PoE+ (IEEE 802.3at) Ports <sup>*</sup>	Maximum Number of PoE (IEEE 802.3af) Ports <sup>*</sup>	Available PoE Power
<b>10 Gigabit Uplinks with 10/100/1000 Ethernet Connectivity</b>			
Cisco Catalyst 2960S-48FPD-L	24 ports up to 30W	48 ports up to 15.4W	740W
Cisco Catalyst 2960S-48LPD-L	12 ports up to 30W	24 ports up to 15.4W 48 ports up to 7.7W	370W
Cisco Catalyst 2960S-24PD-L	12 ports up to 30W	24 ports up to 15.4W	370W
<b>1 Gigabit Uplinks with 10/100/1000 Ethernet Connectivity</b>			
Cisco Catalyst 2960S-48FPS-L	24 ports up to 30W	48 ports up to 15.4W	740W
Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L	12 ports up to 30W	24 ports up to 15.4W 48 ports up to 7.7W	370W
Cisco Catalyst 2960S-24PS-L	12 ports up to 30W	24 ports up to 15.4W	370W
Cisco Catalyst 2960-48PST-L	N/A	24 ports up to 15.4W	370W
Cisco Catalyst 2960-24PC-L	N/A	24 ports up to 15.4W	370W
Cisco Catalyst 2960-24LT-L	N/A	8 ports up to 15.4W	123W

<sup>\*</sup> Intelligent power management allows flexible power allocation across all ports.

## Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches Enable Cisco Borderless Network

Borderless Networks, a Cisco architecture, deliver the new workspace experience, connecting anyone, anywhere, using any device, to any resource securely, reliably, and transparently. Cisco's Borderless Networks architecture addresses primary IT and business challenges to help create a truly borderless experience by bringing interactions closer to the employee and customer.

Borderless experience is only possible with intelligent network elements designed and architected to meet the needs of a global workspace. Cisco Network Access is a primary component of this architecture, enabling various borderless network services such as mobility, security, sustainability, EnergyWise and ease of operations for increased productivity and operational efficiency. When network access is intelligent, it knows the identity of the user, as well as where the user is on the network. It knows what is connecting to the network, to automatically provision the network for QoS and delivery. It becomes services-aware to optimize user experience. Only with intelligent access network, your enterprise can go borderless securely and transparently. Your business can save energy, simplify operations with better business efficiency, and have an optimized total cost of ownership.

Cisco Network Access for Borderless solution focuses on the following primary areas:

- Sustainability
- EnergyWise
- Ease of operations
- Borderless security
- Borderless experience

## Sustainability

Cisco Catalyst switching solutions enable greener practices through measurable power efficiency, integrated services, and continuous innovations such as Cisco EnergyWise, an enterprise wide solution that monitors and conserves energy with customized policies. Together, Cisco EnergyWise technology and Cisco Catalyst switches reduce greenhouse gas (GhG) emissions and increase energy cost savings and sustainable business behavior. Sustainability features in the Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches include the following features sets:

- Cisco EnergyWise technology
- Efficient switch operation
- Intelligent power management

## Cisco EnergyWise Technology

Cisco EnergyWise is an innovative architecture, added to fixed configuration switches, promoting companywide sustainability by reducing energy consumption across an entire corporate infrastructure and affecting more than 50 percent of global greenhouse gas emissions created by worldwide building infrastructure, a much greater effect than the 2 percent generated by the IT industry. Cisco EnergyWise enables companies to measure the power consumption of network infrastructure and network-attached devices and manage power consumption with specific policies, reducing power consumption to realize increased cost savings, potentially affecting any powered device.

EnergyWise encompasses a highly intelligent network-based approach to communicate messages that measure and control energy between network devices and endpoints. The network discovers Cisco EnergyWise-manageable devices, monitors their power consumption, and takes action based on business rules to reduce power consumption. EnergyWise uses a unique domain-naming system to query and summarize information from large sets of devices, making it simpler than traditional network management capabilities. Cisco EnergyWise's management interfaces allow facilities and network management applications to communicate with endpoints and each other using the network as a unifying fabric. The management interface uses standard SNMP or TCP to integrate Cisco and third-party management systems.

## Efficient Switch Operation

Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches, designed and engineered by Cisco, provide optimum power savings, low power operations for industry best-in-class power management, and power consumption capabilities. The Catalyst 2960-S ports are capable of reduced power modes so that ports not in use can move into a lower power utilization state.

## Intelligent Power over Ethernet Management

The Cisco Catalyst 2960-S PoE models support the latest PoE+ devices including Cisco IP phones and Cisco Aironet WLAN access points providing up to 30W of power per port, as well as any IEEE 802.3af-compliant end device.

- **Per port power consumption** command allows customers to specify maximum power setting on an individual port
- **Per port PoE power sensing** measures actual power being drawn, enabling more intelligent control of powered devices
- **Cisco Discovery Protocol Version 2** allows switches to negotiate a more granular power setting when connecting to a Cisco powered device such as IP phones or access points than what is provided by IEEE classification
- **The PoE MIB** provides proactive visibility into power usage and allows customers to set different power-level thresholds

## Ease of Operations

The Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches help reduce the operating costs through:

- Cisco Catalyst Smart Operations
- Easy to use deployment and control features
- Advanced, intelligent network management tools

## Cisco Catalyst Smart Operations

Cisco Catalyst Smart Operations is a comprehensive set of capabilities that simplify LAN deployment, configuration, and troubleshooting. Cisco Catalyst Smart Operations enable zero touch installation and replacement of switches, fast upgrade, as well as ease of troubleshooting with reduced operational cost.

Cisco Catalyst Smart Operations is a set of features that includes Smart Install, Auto Smartports, Smart Configuration, and Smart Troubleshooting to enhance operational excellence:

- **Cisco Smart Install** is a transparent plug-and-play technology to configure the Cisco IOS Software image and switch configuration without user intervention. Smart Install utilizes dynamic IP address allocation and the assistance of other switches to facilitate installation providing transparent network plug and play.
- **Cisco Auto Smartports** provide automatic configuration as devices connect to the switch port, allowing auto detection and plug and play of the device onto the network.
- **Cisco Smart Configuration** provides a single point of management for a group of switches and in addition adds the ability archive and backup configuration files to a file server or switch allowing seamless zero touch switch replacement.
- **Cisco Smart Troubleshooting** is an extensive array of debug diagnostic commands and system health checks within the switch, including Generic Online Diagnostics (GOLD) and Onboard Failure Logging (OBFL).

## Easy to Use Deployment and Control Features

- **Automatic QoS (AutoQoS)** simplifies QoS configuration in voice over IP (VoIP) networks by issuing interface and global switch commands to detect Cisco IP phones, classify traffic, and help enable egress queue configuration.
- **Stacking Master configuration management** and Cisco FlexStack stacking helps ensure that all switches are automatically upgraded when the master switch receives a new software version. Automatic software version checking and updating help ensure that all stack members have the same software version.
- **Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)** autoconfiguration of multiple switches through a boot server eases switch deployment.
- **Auto-negotiation** on all ports automatically selects half- or full-duplex transmission mode to optimize bandwidth.
- **Dynamic Trunking Protocol (DTP)** facilitates dynamic trunk configuration across all switch ports.
- **Port Aggregation Protocol (PAgP)** automates the creation of Cisco Fast EtherChannel<sup>®</sup> groups or Gigabit EtherChannel groups to link to another switch, router, or server.
- **Link Aggregation Control Protocol (LACP)** allows the creation of Ethernet channeling with devices that conform to IEEE 802.3ad. This feature is similar to Cisco EtherChannel technology and PAgP.
- **Automatic media-dependent interface crossover (MDIX)** automatically adjusts transmit and receive pairs if an incorrect cable type (crossover or straight-through) is installed.
- **Unidirectional Link Detection Protocol (UDLD)** and Aggressive UDLD allow unidirectional links caused by incorrect fiber-optic wiring or port faults to be detected and disabled on fiber-optic interfaces.
- **Switching Database Manager (SDM)** templates for access, routing, and VLAN deployment allow the administrator to easily maximize memory allocation to the desired features based on deployment-specific requirements.
- **Local Proxy Address Resolution Protocol (ARP)** works in conjunction with Private VLAN Edge to minimize broadcasts and maximize available bandwidth.
- **Internet Group Management Protocol (IGMP) Snooping** for IPv4 and IPv6 MLD v1 and v2 Snooping provide fast client joins and leaves of multicast streams and limit bandwidth-intensive video traffic to only the requestors.
- **Multicast VLAN Registration (MVR)** continuously sends multicast streams in a multicast VLAN while isolating the streams from subscriber VLANs for bandwidth and security reasons.
- **Per-port broadcast, multicast, and unicast storm control** prevents faulty end stations from degrading overall systems performance.
- **Voice VLAN** simplifies telephony installations by keeping voice traffic on a separate VLAN for easier administration and troubleshooting.
- **Cisco VLAN Trunking Protocol (VTP)** supports dynamic VLANs and dynamic trunk configuration across all switches.
- **Remote Switch Port Analyzer (RSPAN)** allows administrators to remotely monitor ports in a Layer 2 switch network from any other switch in the same network.
- For enhanced traffic management, monitoring, and analysis, the Embedded **Remote Monitoring (RMON)** software agent supports four RMON groups (history, statistics, alarms, and events).



- **Layer 2 traceroute** eases troubleshooting by identifying the physical path that a packet takes from source to destination.
- **Trivial File Transfer Protocol (TFTP)** reduces the cost of administering software upgrades by downloading from a centralized location.
- **Network Timing Protocol (NTP)** provides an accurate and consistent timestamp to all intranet switches.

### Advanced, Intelligent Network Management Tools

The Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches offer both a superior CLI for detailed configuration and Cisco Network Assistant software, a PC-based tool for quick configuration based on preset templates. In addition, CiscoWorks LAN Management Solution (LMS) supports the Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches for networkwide management.

#### Cisco Network Assistant

A PC-based network management application designed for small and medium-sized business (SMB) networks with up to 250 users, Cisco Network Assistant offers centralized network management and configuration capabilities. Cisco Network Assistant uses Cisco Smartports technology to simplify both initial deployment and ongoing maintenance. This application also features an intuitive GUI where users can easily apply common services across Cisco switches, routers, and access points, such as:

- Configuration management
- Troubleshooting advice
- Inventory reports
- Event notification
- Network security settings
- Password synchronization
- Drag-and-drop Cisco IOS Software upgrades
- Secure wireless

For detailed information about Cisco Network Assistant, visit <http://www.cisco.com/go/cna>.

#### CiscoWorks LAN Management Solution

CiscoWorks LAN Management Solution (LMS) is a comprehensive network lifecycle management solution. It provides an extensive library of easy-to-use features to automate the initial and day-to-day management of your Cisco network infrastructure. CiscoWorks LMS uniquely uses Cisco hardware and software platform knowledge and operational experience into a powerful set of workflow-driven configuration, monitoring, troubleshooting, reporting, and administrative tools. Including:

- Support for new Cisco hardware platforms the day they ship
- Support for new technologies and services from initial deployment to day-to-day administration and management, such as EnergyWise, Identity, Cisco Auto Smartports, Cisco Smart Install, and much more
- Configuration management tools built from Cisco experience and Cisco Validated Design recommendations



- Monitoring and troubleshooting capabilities that incorporates Cisco hardware best practices and diagnostics features
- Automation in managing hardware inventories, security vulnerabilities (PSIRTS) and platform end-of-life and support cycles

For detailed information about CiscoWorks LMS, go to

<http://www.cisco.com/en/US/products/sw/cscowork/ps2425/index.html>.

## Borderless Security

The Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches provide superior Layer 2 threat defense capabilities for mitigating man-in-the-middle attacks (such as MAC, IP, and ARP spoofing). TrustSec, a primary element of Borderless Security Architecture, helps enterprise customers secure their networks, data and resources with policy-based access control, identity and role-aware networking, pervasive integrity, and confidentiality. The borderless security is enabled by the following feature sets in the Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches:

- Threat defense
- Cisco TrustSec
- Other advanced security features

### Threat Defense

Cisco Integrated Security Features is an industry-leading solution available on Cisco Catalyst Switches that proactively protects your critical network infrastructure. Delivering powerful, easy-to-use tools to effectively prevent the most common and potentially damaging Layer 2 security threats, Cisco Integrated Security Features provides robust security throughout the network. Cisco Integrated Security Features include Port Security, DHCP Snooping, Dynamic ARP Inspection, and IP Source guard.

- **Port Security** secures the access to an access or trunk port based on MAC address. It limits the number of learned MAC addresses to deny MAC address flooding.
- **DHCP Snooping** prevents malicious users from spoofing a DHCP server and sending out bogus addresses. This feature is used by other primary security features to prevent a number of other attacks such as ARP poisoning.
- **Dynamic ARP Inspection (DAI)** helps ensure user integrity by preventing malicious users from exploiting the insecure nature of the ARP protocol.
- **IP source guard** prevents a malicious user from spoofing or taking over another user's IP address by creating a binding table between the client's IP and MAC address, port, and VLAN.

### Cisco TrustSec

TrustSec secures access to the network, enforces security policies, and delivers standard based security solutions such as 802.1X enabling secure collaboration and policy compliance. TrustSec capabilities reflect Cisco thought leadership, innovations, and commitment to customer success. These new capabilities include:

- **Flexible authentication** that supports multiple authentication mechanisms including 802.1X, MAC Authentication Bypass and web authentication using a single, consistent configuration.
- **Open mode** that creates a user friendly environment for 802.1X operations.

- **Integration of device profiling technology and guest access** handling with Cisco switching to significantly improve security while reducing deployment and operational challenges.
- **RADIUS Change of Authorization and downloadable calls** for comprehensive policy management capabilities.
- **802.1X Supplicant with Network Edge Access Transport (NEAT)** enables extended secure access where compact switches in the conference rooms have the same level of security as switches inside the locked wiring closet.

#### Other Advanced Security Features

Other Advanced Security features include but are not limited to:

- **Private VLANs** restrict traffic between hosts in a common segment by segregating traffic at Layer 2, turning a broadcast segment into a nonbroadcast multiaccesslike segment.
- **Private VLAN Edge** provides security and isolation between switch ports, which helps ensure that users cannot snoop on other users' traffic.
- **Multidomain Authentication** allows an IP phone and a PC to authenticate on the same switch port while placing them on appropriate voice and data VLAN.
- **Port-based ACLs** for Layer 2 interfaces allow security policies to be applied on individual switch ports.
- **Secure Shell (SSH) Protocol, Kerberos, and Simple Network Management Protocol Version 3 (SNMPv3)** provide network security by encrypting administrator traffic during Telnet and SNMP sessions. SSH Protocol, Kerberos, and the cryptographic version of SNMPv3 require a special cryptographic software image because of U.S. export restrictions.
- Bidirectional data support on the **Switched Port Analyzer (SPAN)** port allows Cisco Intrusion Detection System (IDS) to take action when an intruder is detected.
- **TACACS+ and RADIUS authentication** facilitates centralized control of the switch and restricts unauthorized users from altering the configuration.
- **MAC Address Notification** allows administrators to be notified of users added to or removed from the network.
- **Multilevel security on console access** prevents unauthorized users from altering the switch configuration.
- **Bridge protocol data unit (BPDU) Guard** shuts down Spanning Tree PortFast-enabled interfaces when BPDUs are received to avoid accidental topology loops.
- **Spanning Tree Root Guard (STRG)** prevents edge devices not in the network administrator's control from becoming Spanning Tree Protocol root nodes.
- **IGMP filtering** provides multicast authentication by filtering out nonsubscribers and limits the number of concurrent multicast streams available per port.
- **Dynamic VLAN assignment** is supported through implementation of VLAN Membership Policy Server client capability to provide flexibility in assigning ports to VLANs. Dynamic VLAN facilitates the fast assignment of IP addresses.

#### Borderless Experience

Borderless network enables enterprise mobility and business-grade video services. Industry's first unified network (wired and wireless) location services enable tracking of mobile assets and the users of those assets for both

wired and wireless devices. The true borderless experience is enabled by the following feature sets in the Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches:

- High availability and layer 2 networking
- QoS
- Location awareness and mobility

#### High Availability and Layer 2 Networking

The Cisco Catalyst 2960-S Series Switches provides Cisco FlexStack stacking and both the Cisco 2960-S and 2960 Series switches provide layer 2 networking to enable resiliency and availability.

Other high-availability features include but are not limited to:

- **Cross-Stack EtherChannel** provides the ability to configure Cisco EtherChannel technology across different members of the Cisco FlexStack for high resiliency.
- **Flexlink** provides link redundancy with convergence time less than 100 ms.
- **IEEE 802.1s/w Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) and Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP)** provide rapid spanning-tree convergence independent of spanning-tree timers and also offer the benefit of Layer 2 load balancing and distributed processing. Stacked units behave as a single spanning-tree node.
- **Per-VLAN Rapid Spanning Tree (PVRST+)** allows rapid spanning-tree reconvergence on a per-VLAN spanning-tree basis, without requiring the implementation of spanning-tree instances.
- **Switch-port autorecovery (Errdisable)** automatically attempts to reactivate a link that is disabled because of a network error.

#### Enhanced Quality of Service

The Cisco 2960-S and 2960 Series Switches offers intelligent services that keep everything flowing smoothly. Industry-leading mechanisms for marking, classification, and scheduling deliver superior performance for data, voice, and video traffic, all at wire speed.

Following are some of the QoS features supported in the Cisco 2960-S and 2960 Series Switches:

- **Cross-stack QoS** allows QoS to be configured across the entire Cisco 2960-S Flexstack.
- **802.1p class of service (CoS)** and differentiated services code point (DSCP) field classification are provided, using marking and reclassification on a per-packet basis by source and destination IP address, MAC address, or Layer 4 TCP/UDP port number.
- **Cisco control-plane and data-plane QoS ACLs** on all ports help ensure proper marking on a per-packet basis.
- **Four egress queues per port** help enable differentiated management of different traffic types across the stack.
- **Shaped Round Robin (SRR)** scheduling helps ensure differential prioritization of packet flows by intelligently servicing the ingress queues and egress queues.
- **Weighted Tail Drop (WTD)** provides congestion avoidance at the ingress and egress queues before a disruption occurs.
- **Strict priority queuing** helps ensure that the highest-priority packets are serviced ahead of all other traffic.

- **Trusted Boundary** provides the ability to trust the QoS priority settings if an IP phone is present and to disable the trust setting if the IP phone is removed, thereby preventing a malicious user.
- **Rate limiting** is provided based on source and destination IP address, source and destination MAC address, Layer 4 TCP/UDP information, or any combination of these fields, using QoS ACLs (IP ACLs or MAC ACLs), class maps, and policy maps.
- **Up to 64 aggregate or individual policers** are available per Fast Ethernet or GbE port.

#### Location Awareness and Mobility

In order to provide delivery of a best-in-class network experience to end users, it's critical for network access to be location aware. A wide variety of devices can appear on the network, both wired (switches, routers, IP phones, PCs, access points, controllers, video digital media players, and so on) and wireless (mobile devices, wireless tags, rogues, and so on). In many industries, locating assets is primarily a manual process and is time consuming and error prone. The inability to locate assets in real time and to help ensure their availability when and where they are needed limits reaction time and efficiency.

Location services answer business-critical questions about both mobile assets and the users of those assets regardless of whether those assets are connecting using wired or wireless, and hence directly improve their organization's profitability. Network Location Services also improve security and accelerate client troubleshooting by locating an asset, user, or device on the network.

- **Network visibility and control** provide centralized visibility into wired and wireless devices on the network and their location.
- **Location-assisted client troubleshooting** enables tracking of wired or wireless clients for quick problem resolution.
- **Asset tracking and improved security** provide centralized inventory of wired and wireless devices and asset management for improved business processes.
- **Location based policy** allows greater control and visibility. With EnergyWise, power policies can be set up (to reduce the power or shut down the power from a port) based on the location.
- **Cisco Emergency Responder (CER)** enhances emergency calling from Cisco Unified CallManager. It helps assure that Cisco Unified CallManager sends emergency calls to the appropriate Public Safety Answering Point (PSAP) for the caller's location.

Tables 4, 6, 7, and 8 provide hardware features, power specifications, management and standards support, and safety and compliance information for the Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches with LAN Base Software.

**Table 4.** Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches with LAN Base Software switch performance and scalability information

Performance and Scalability Numbers for All Switch Models		
	Catalyst 2960-S	Catalyst 2960
Forwarding bandwidth	88 Gbps	16 Gbps 32 Gbps (2960G)
Switching bandwidth*	176 Gbps	32Gbps 32 Gbps (2960G)
Flash memory	64 MB	32 MB
Memory DRAM	128 MB	64 MB

Performance and Scalability Numbers for All Switch Models			
Max VLANs	255		255
VLAN IDs	4000		4000
Maximum transmission unit (MTU)	9198 bytes		Up to 9000 bytes
Jumbo frames	9216 bytes		9018 bytes (2960G only)
Forwarding Rate: 64-Byte Packet Cisco Catalyst 2960-S			
Cisco Catalyst 2960S-48FPD-L	101.2 mpps		
Cisco Catalyst 2960S-48LPD-L	101.2 mpps		
Cisco Catalyst 2960S-24PD-L	65.5 mpps		
Cisco Catalyst 2960S-48TD-L	101.2 mpps		
Cisco Catalyst 2960S-24TD-L	65.5 mpps		
Cisco Catalyst 2960S-48FPS-L	77.4 mpps		
Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L	77.4 mpps		
Cisco Catalyst 2960S-24PS-L	41.7 mpps		
Cisco Catalyst 2960XS-48TS-L	77.4 mpps		
Cisco Catalyst 2960S-24TS-L	41.7 mpps		
Forwarding Rate: 64-Byte Packet Cisco Catalyst 2960			
Cisco Catalyst 2960PD-8TT-L	2.7 mpps		
Cisco Catalyst 2960-8TC-L	2.7 mpps		
Cisco Catalyst 2960-24TT-L	6.5 mpps		
Cisco Catalyst 2960-24TC-L	6.5 mpps		
Cisco Catalyst 2960-24LT-L	6.5 mpps		
Cisco Catalyst 2960-24PC-L	6.5 mpps		
Cisco Catalyst 2960-48TT-L	10.1 mpps		
Cisco Catalyst 2960-48TC-L	10.1 mpps		
Cisco Catalyst 2960-48PST-L	13.3 mpps		
Cisco Catalyst 2960G-8TC-L	11.9 mpps		
Cisco Catalyst 2960G-24TC-L	35.7 mpps		
Cisco Catalyst 2960G-48TC-L	39.0 mpps		
Resource: Cisco Catalyst 2960-S and 2960	Default	QoS	Dual
Unicast MAC addresses	8000	8000	8000
IPv4 IGMP groups	255	255	255
IPv4 MAC QoS access control entries (ACEs)	128	384	0
IPv4 MAC security ACEs	384	128	256

\* Switching bandwidth is full-duplex capacity.

**Table 5.** Dimensions, weight, acoustic, MTBF and environmental range

Dimensions (H x W x D)		
Cisco Catalyst 2960-S	Inches	Centimeters
Cisco Catalyst 2960S-48FPD-L	1.75 x 17.5 x 15.2	4.5 x 44.5 x 38.6
Cisco Catalyst 2960S-48LPD-L		
Cisco Catalyst 2960S-24PD-L		

Cisco Catalyst 2960S-48TD-L	1.75 x 17.5 x 11.8	4.5 x 44.5 x 30
Cisco Catalyst 2960S-24TD-L		
Cisco Catalyst 2960S-48FPS-L	1.75 x 17.5 x 15.2	4.5 x 44.5 x 38.6
Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L		
Cisco Catalyst 2960S-24PS-L		
Cisco Catalyst 2960S-48TS-L	1.75 x 17.5 x 11.8	4.5 x 44.5 x 30
Cisco Catalyst 2960S-24TS-L		
<b>Cisco Catalyst 2960</b>	<b>Inches</b>	<b>Centimeters</b>
Cisco Catalyst 2960PD-8TT-L	1.73 x 10.6 x 6.2	4.4 x 27 x 15.7
Cisco Catalyst 2960-8TC-L	1.73 x 10.6 x 6.4	4.4 x 27 x 16.3
Cisco Catalyst 2960-24TT-L	1.73 x 17.7 x 9.52	4.4 x 45 x 23.6
Cisco Catalyst 2960-24TC-L		
Cisco Catalyst 2960-24LT-L		
Cisco Catalyst 2960-24PC-L	1.73 x 17.7 x 13	4.4 x 45 x 33.2
Cisco Catalyst 2960-48TT-L		
Cisco Catalyst 2960-48TC-L		
Cisco Catalyst 2960-48PST-L	1.73 x 17.7 x 13.07	4.4 x 45 x 23.6
Cisco Catalyst 2960G-8TC-L	1.73 x 10.6 x 8.1	4.4 x 27 x 20.5
Cisco Catalyst 2960G-24TC-L	1.73 x 17.7 x 12.9	4.4 x 45 x 32.8
Cisco Catalyst 2960G-48TC-L		
<b>Weight</b>		
<b>Cisco Catalyst 2960-S</b>	<b>Pounds</b>	<b>Kilograms</b>
Cisco Catalyst 2960S-48FPD-L	13	5.9
Cisco Catalyst 2960S-48LPD-L	12.5	5.7
Cisco Catalyst 2960S-24PD-L	12.5	5.7
Cisco Catalyst 2960S-48TD-L	9.5	4.3
Cisco Catalyst 2960S-24TD-L	9.5	4.3
Cisco Catalyst 2960S-48FPS-L	13	5.9
Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L	12.5	5.7
Cisco Catalyst 2960S-24PS-L	12.5	5.7
Cisco Catalyst 2960S-48TS-L	10.5	4.8
Cisco Catalyst 2960S-24TS-L	10	4.5
<b>Cisco Catalyst 2960</b>	<b>Pounds</b>	<b>Kilograms</b>
Cisco Catalyst 2960PD-8TT-L	3	1.4
Cisco Catalyst 2960-8TC-L	3	1.4
Cisco Catalyst 2960-24TT-L	8	3.6
Cisco Catalyst 2960-24TC-L	8	3.6
Cisco Catalyst 2960-24LT-L	10	4.5
Cisco Catalyst 2960-24PC-L	12	5.4
Cisco Catalyst 2960-48TT-L	8	3.6
Cisco Catalyst 2960-48TC-L	8	3.6
Cisco Catalyst 2960-48PST-L	12	5.4
Cisco Catalyst 2960G-8TC-L	3	1.4
Cisco Catalyst 2960G-24TC-L	10	4.5
Cisco Catalyst 2960G-48TC-L	12	5.4

Environmental Ranges				
	Cisco Catalyst 2960-S		Cisco Catalyst 2960	
	Fahrenheit	Centigrade	Fahrenheit	Centigrade
Operating temperature up to 5000 ft (1500 m)	0° to 113°F	-5° to 45°C	23° to 113°F	-5° to 45°C
Operating temperature up to 10,000 ft (3000 m)	23° to 104°F	-5° to 40°C	23° to 104°F	-5° to 40°C
Short-term exception at sea level*	23° to 31°F	-5° to 55°C	23° to 31°F	-5° to 55°C
Short-term exception up to 5000 feet (1500 m)*	23° to 122°F	-5° to 50°C	23° to 122°F	-5° to 50°C
Short-term exception up to 10,000 feet (3000 m)*	23° to 113°F	-5° to 45°C	23° to 113°F	-5° to 45°C
Short-term exception up to 13,000 feet (4000 m)*	23° to 104°F	-5° to +40°C	23° to 104°F	-5° to 40°C
Storage temperature up to 15,000 feet (4573 m)	-13° to 158°F	-25° to 70°C	-13° to 158°F	-25° to 70°C
	Feet	Meters		
Operating altitude	Up to 10,000	Up to 3000	Up to 10,000	Up to 3000
Storage altitude	Up to 13,000	Up to 4000	Up to 13,000	Up to 4000
Operating relative humidity	10% to 95% noncondensing		10% to 95% noncondensing	
Storage relative humidity	10% to 95% noncondensing		10% to 95% noncondensing	
Acoustic Noise				
Measured per ISO 7779 and declared per ISO 9296.				
Bystander positions operating mode at 25°C ambient.				
Model	Sound Pressure		Sound Power	
	LpA (Typical)	LpAD (Maximum)	LwA (Typical)	LwAD (Maximum)
Cisco Catalyst 2960S-48FPD-L	42 dB	45 dB	5.2 B	5.5 B
Cisco Catalyst 2960S-48LPD-L				
Cisco Catalyst 2960S-24PD-L				
Cisco Catalyst 2960S-48TD-L	44 dB	47 dB	5.4 B	5.7 B
Cisco Catalyst 2960S-24TD-L				
Cisco Catalyst 2960S-48FPS-L	42 dB	45 dB	5.2 B	5.5 B
Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L				
Cisco Catalyst 2960S-24PS-L				
Cisco Catalyst 2960S-48TS-L	44 dB	47 dB	5.4 B	5.7 B
Cisco Catalyst 2960S-24TS-L				
Mean time between failures (MTBF)				
Cisco Catalyst 2960-S		Cisco Catalyst 2960		
Model	MTBF in hours	Model	MTBF in hours	
Cisco Catalyst 2960S-48FPD-L	183,498	Cisco Catalyst 2960PD-8TT-L	737,065	
Cisco Catalyst 2960S-48LPD-L	198,300	Cisco Catalyst 2960-8TC-L	615,549	
Cisco Catalyst 2960S-24PD-L	237,016	Cisco Catalyst 2960-24TT-L	407,707	
Cisco Catalyst 2960S-48TD-L	311,291	Cisco Catalyst 2960-24TC-L	339,743	
Cisco Catalyst 2960S-24TD-L	332,958	Cisco Catalyst 2960-24LT-L	402,926	
Cisco Catalyst 2960S-48FPS-L	189,242	Cisco Catalyst 2960-24PC-L	311,781	
Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L	205,052	Cisco Catalyst 2960-48TT-L	243,277	
Cisco Catalyst 2960S-24PS-L	245,604	Cisco Catalyst 2960-48TC-L	336,409	
Cisco Catalyst 2960S-48TS-L	328,058	Cisco Catalyst 2960-48PST-L	180,427	
Cisco Catalyst 2960S-24TS-L	349,824	Cisco Catalyst 2960G-8TC-L	485,576	
Cisco Catalyst 2960S-STACK	25,743,890	Cisco Catalyst 2960G-24TC-L	313,828	
		Cisco Catalyst 2960G-48TC-L	221,432	

\* Not more than the following in a 1-year period: 96 consecutive hours, or 360 hours total, or 15 occurrences.

**Note:** For Catalyst 2960G-8TC-L, reduce the high range temperature by 5°C.

**Table 6.** Connectors, LED indicators and Dimensions

Connectors and LED Indicators	
<b>Cisco Catalyst 2960-S with SFP+ based ports:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>10BASE-T ports: RJ-45 connectors, 2-pair Category 3, 4, or 5 unshielded twisted-pair (UTP) cabling</li> <li>100BASE-TX ports: RJ-45 connectors, 2-pair Category 5 UTP cabling</li> <li>1000BASE-T ports: RJ-45 connectors, 4-pair Category 5 UTP cabling</li> <li>1000BASE-T SFP-based ports: RJ-45 connectors, 4-pair Category 5 UTP cabling</li> <li>1000BASE-SX, -LX/LH, -ZX, -BX, -T, -FX, and coarse wavelength-division multiplexing (CWDM) SFP-based ports: LC fiber connectors (single/multimode fiber)</li> <li>10GBASE-LR, SR, LRM, CX1 SFP+ based ports</li> </ul> <p>* The Cisco Catalyst 2960-S with SFP+ does not support the GLC-FE-100BX, GLC-FE-100FX, or GLC-FE-100LX.</p>	
<b>Cisco Catalyst 2960-S and 2960 with SFP-based ports:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>10BASE-T ports: RJ-45 connectors, 2-pair Category 3, 4, or 5 UTP cabling</li> <li>100BASE-TX ports: RJ-45 connectors, 2-pair Category 5 UTP cabling</li> <li>1000BASE-T ports: RJ-45 connectors, 4-pair Category 5 UTP cabling</li> <li>1000BASE-T SFP-based ports<sup>**</sup>: RJ-45 connectors, 4-pair Category 5 UTP cabling</li> <li>1000BASE-SX, -LX/LH, -ZX, -BX, -T, -FX, and CWDM SFP-based ports: LC fiber connectors (single/multimode fiber)</li> <li>100BASE-LX, -BX, -FX SFP-based ports: LC fiber connectors (single/multimode fiber)</li> </ul> <p>* GLC-T and GLC-GE-100FX are not supported on the Catalyst 2960-8TC-S, 2960-8TC-L, or 2960G-8TC-L switches.</p>	
<b>Cisco Catalyst 2960-S FlexStack stacking cables:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>CAB-STK-E-0.5M FlexStack stacking cable with a 0.5 m length</li> <li>CAB-STK-E-1M FlexStack stacking cable with a 1.0 m length</li> <li>CAB-STK-E-3M FlexStack stacking cable with a 3.0 m length</li> </ul>	
<b>Cisco Catalyst 2960-S console cables:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>CAB-CONSOLE-RJ45 Console cable 6 ft with RJ-45</li> <li>CAB-CONSOLE-USB Console cable 6 ft with USB Type A and mini-B connectors</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Customers can provide power to a switch by using the internal power supply. The connector is located at the back of the switch. These switches do not have a redundant-power-supply port</li> <li>The internal power supply is an auto-ranging unit</li> <li>The internal power supply supports input voltages between 100 and 240 VAC</li> <li>Use the supplied AC power cord to connect the AC power connector to an AC power outlet</li> <li>Cisco RPS connector: <ul style="list-style-type: none"> <li>The Cisco RPS connector offers connection for an optional Cisco RPS 2300 that uses AC input and supplies DC output to the switch.</li> <li>The connector offers a 2300W redundant power system that supports up to 6 external network devices and provides power to 2 failed devices at a time</li> <li>The connector automatically senses when the internal power supply of a connected device fails and provides power to the failed device, preventing loss of network traffic</li> <li>Only the Cisco RPS 2300 (model PWR-RPS2300) should be attached to the redundant-power-system receptacle</li> </ul> </li> </ul> <p>Note: The Cisco Catalyst 2960-8TC-L and 2960G-8TC-L do not have RPS ports.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Per-port status: Link integrity, disabled, activity, speed, and full duplex</li> <li>System status: System, RPS, link status, link duplex, PoE, and link speed</li> </ul>	

<sup>\*\*</sup> 1000Base-T not supported on Cisco Catalyst 2960-S switches.

**Table 7.** Management and Standards Support for Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches with LAN Base Software

Description	Specification
Management	<ul style="list-style-type: none"> <li>BRIDGE-MIB</li> <li>CISCO-CABLE-DIAG-MIB</li> <li>CISCO-CDP-MIB</li> <li>CISCO-CLUSTER-MIB</li> <li>CISCO-CONFIG-COPY-MIB</li> <li>CISCO-TC-MIB</li> <li>CISCO-TCP-MIB</li> <li>CISCO-UDLD-MIB</li> <li>CISCO-VLAN-IFTABLE</li> <li>RELATIONSHIP-MIB</li> </ul>



Description	Specification	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CISCO-CONFIG-MAN-MIB</li> <li>• CISCO-DHCP-SNOOPING-MIB</li> <li>• CISCO-ENTITY-VENDORTYPE-OID-MIB</li> <li>• CISCO-ENVMON-MIB</li> <li>• CISCO-ERR-DISABLE-MIB</li> <li>• CISCO-FLASH-MIB</li> <li>• CISCO-FTP-CLIENT-MIB</li> <li>• CISCO-IGMP-FILTER-MIB</li> <li>• CISCO-IMAGE-MIB</li> <li>• CISCO-IP-STAT-MIB</li> <li>• CISCO-LAG-MIB</li> <li>• CISCO-MAC-NOTIFICATION-MIB</li> <li>• CISCO-MEMORY-POOL-MIB</li> <li>• CISCO-PAGP-MIB</li> <li>• CISCO-PING-MIB</li> <li>• CISCO-POE-EXTENSIONS-MIB</li> <li>• CISCO-PORT-QOS-MIB</li> <li>• CISCO-PORT-SECURITY-MIB</li> <li>• CISCO-PORT-STORM-CONTROL-MIB</li> <li>• CISCO-PRODUCTS-MIB</li> <li>• CISCO-PROCESS-MIB</li> <li>• CISCO-RTTMON-MIB</li> <li>• CISCO-SMI-MIB</li> <li>• CISCO-STP-EXTENSIONS-MIB</li> <li>• CISCO-SYSLOG-MIB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CISCO-VLAN-MEMBERSHIP-MIB</li> <li>• CISCO-VTP-MIB</li> <li>• ENTITY-MIB</li> <li>• ETHERLIKE-MIB</li> <li>• IEEE8021-PAE-MIB</li> <li>• IEEE8023-LAG-MIB</li> <li>• IF-MIB</li> <li>• INET-ADDRESS-MIB</li> <li>• OLD-CISCO-CHASSIS-MIB</li> <li>• OLD-CISCO-FLASH-MIB</li> <li>• OLD-CISCO-INTERFACES-MIB</li> <li>• OLD-CISCO-IP-MIB</li> <li>• OLD-CISCO-SYS-MIB</li> <li>• OLD-CISCO-TCP-MIB</li> <li>• OLD-CISCO-TS-MIB</li> <li>• RFC1213-MIB</li> <li>• RMON-MIB</li> <li>• RMON2-MIB</li> <li>• SNMP-FRAMEWORK-MIB</li> <li>• SNMP-MPD-MIB</li> <li>• SNMP-NOTIFICATION-MIB</li> <li>• SNMP-TARGET-MIB</li> <li>• SNMPv2-MIB</li> <li>• TCP-MIB</li> <li>• UDP-MIB</li> <li>• ePM MIB</li> <li>• CISCO-STACKWISE-MIB (2960-S)</li> </ul>
<b>Standards</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol</li> <li>• IEEE 802.1p CoS Prioritization</li> <li>• IEEE 802.1Q VLAN</li> <li>• IEEE 802.1s</li> <li>• IEEE 802.1w</li> <li>• IEEE 802.1X</li> <li>• IEEE 802.1ab (LLDP)</li> <li>• IEEE 802.3ad</li> <li>• IEEE 802.3af</li> <li>• IEEE 802.3ah (100BASE-X single/multimode fiber only)</li> <li>• IEEE 802.3x full duplex on 10BASE-T, 100BASE-TX, and 1000BASE-T ports</li> <li>• IEEE 802.3 10BASE-T specification</li> <li>• IEEE 802.3u 100BASE-TX specification</li> <li>• IEEE 802.3ab 1000BASE-T specification</li> <li>• IEEE 802.3z 1000BASE-X specification</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100BASE-BX (SFP)</li> <li>• 100BASE-FX (SFP)</li> <li>• 100BASE-LX (SFP)</li> <li>• 1000BASE-BX (SFP)</li> <li>• 1000BASE-SX (SFP)</li> <li>• 1000BASE-LX/LH (SFP)</li> <li>• 1000BASE-ZX (SFP)</li> <li>• 1000BASE-CWDM SFP 1470 nm</li> <li>• 1000BASE-CWDM SFP 1490 nm</li> <li>• 1000BASE-CWDM SFP 1510 nm</li> <li>• 1000BASE-CWDM SFP 1530 nm</li> <li>• 1000BASE-CWDM SFP 1550 nm</li> <li>• 1000BASE-CWDM SFP 1570 nm</li> <li>• 1000BASE-CWDM SFP 1590 nm</li> <li>• 1000BASE-CWDM SFP 1610 nm</li> <li>• 10GBASE-LR (SFP+)</li> <li>• 10GBASE-SR (SFP+)</li> <li>• 10GBASE-LRM (SFP+)</li> <li>• 10GBASE-CX1 (SFP+)</li> <li>• RMON I and II standards</li> <li>• SNMP v1, v2c, and v3</li> </ul>
<b>RFC compliance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RFC 768 - UDP</li> <li>• RFC 783 - TFTP</li> <li>• RFC 791 - IP</li> <li>• RFC 792 - ICMP</li> <li>• RFC 793 - TCP</li> <li>• RFC 826 - ARP</li> <li>• RFC 854 - Telnet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RFC 1901 - SNMP v2C</li> <li>• RFC 1902-1907 - SNMP v2</li> <li>• RFC 1981 - Maximum Transmission Unit (MTU) Path Discovery IPv6</li> <li>• RFC 2068 - HTTP</li> <li>• RFC 2131 - DHCP</li> <li>• RFC 2138 - RADIUS</li> </ul>

Description	Specification	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RFC 951 - Bootstrap Protocol (BOOTP)</li> <li>• RFC 959 - FTP</li> <li>• RFC 1112 - IP Multicast and IGMP</li> <li>• RFC 1157 - SNMP v1</li> <li>• RFC 1166 - IP Addresses</li> <li>• RFC 1256 - Internet Control Message Protocol (ICMP) Router Discovery</li> <li>• RFC 1305 - NTP</li> <li>• RFC 1492 - TACACS+</li> <li>• RFC 1493 - Bridge MIB</li> <li>• RFC 1542 - BOOTP extensions</li> <li>• RFC 1643 - Ethernet Interface MIB</li> <li>• RFC 1757 - RMON</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RFC 2233 - IF MIB v3</li> <li>• RFC 2373 - IPv6 Aggregatable Addrs</li> <li>• RFC 2460 - IPv6</li> <li>• RFC 2461 - IPv6 Neighbor Discovery</li> <li>• RFC 2462 - IPv6 Autoconfiguration</li> <li>• RFC 2463 - ICMP IPv6</li> <li>• RFC 2474 - Differentiated Services (DiffServ) Precedence</li> <li>• RFC 2597 - Assured Forwarding</li> <li>• RFC 2598 - Expedited Forwarding</li> <li>• RFC 2571 - SNMP Management</li> <li>• RFC 3046 - DHCP Relay Agent Information Option</li> <li>• RFC 3376 - IGMP v3</li> <li>• RFC 3580 - 802.1X RADIUS</li> </ul>

**Table 8.** Voltage and power information

AC/DC input voltage and current			
Cisco Catalyst 2960-S	Voltage (Autoranging)	Current	Frequency
Cisco Catalyst 2960S-48FPD-L	100 to 240 VAC	9 to 4 A	50 to 60Hz
Cisco Catalyst 2960S-48LPD-L		5 to 2 A	
Cisco Catalyst 2960S-24PD-L		5 to 2 A	
Cisco Catalyst 2960S-48TD-L		1 to 0.5 A	
Cisco Catalyst 2960S-24TD-L		1 to 0.5 A	
Cisco Catalyst 2960S-48FPS-L		9 to 4 A	
Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L		5 to 2 A	
Cisco Catalyst 2960S-24PS-L		5 to 2 A	
Cisco Catalyst 2960S-48TS-L		1 to 0.5 A	
Cisco Catalyst 2960S-24TS-L		1 to 0.5 A	
Cisco Catalyst 2960	Voltage (Autoranging)	Current	Frequency
Cisco Catalyst 2960-8TC-L	100 to 240 VAC	0.5 to 0.25 A	50 to 60Hz
Cisco Catalyst 2960G-8TC-L		0.8 to 0.4 A	
Cisco Catalyst 2960-24LT-L		3.0 to 1.5 A	
Cisco Catalyst 2960-24PC-L		8.0 to 4.0 A	
Cisco Catalyst 2960-48PST-L		5.0 to 2.0 A	
Cisco Catalyst 2960-24TT-L and Catalyst 2960-24TC-L and Catalyst 2960-48TT-L and Catalyst 2960-48TC-L		1.3 to 0.8 A	
Cisco Catalyst 2960G-24TC-L and Catalyst 2960G-48TC-L		3.0 to 1.5 A	
Cisco Catalyst 2960PD-8TT-L	DC input 48 VDC (for AC use PWR-A= sold separately)	0.3 A	
Power Rating			
Cisco Catalyst 2960-S		Cisco Catalyst 2960	
Model	Power Rating	Model	Power Rating
Cisco Catalyst 2960S-48FPD-L	0.89 kVA	Cisco Catalyst 2960PD-8TT-L	11W
Cisco Catalyst 2960S-48LPD-L	0.48 kVA	Cisco Catalyst 2960-8TC-L	0.035 kVA
Cisco Catalyst 2960S-24PD-L	0.46 kVA	Cisco Catalyst 2960-24TT-L	0.05 kVA
Cisco Catalyst 2960S-48TD-L	0.09 kVA	Cisco Catalyst 2960-48TT-L	0.075 kVA

Cisco Catalyst 2960S-24TD-L	0.09 kVA	Cisco Catalyst 2960-24TC-L	0.05 kVA
Cisco Catalyst 2960S-48FPS-L	0.89 kVA	Cisco Catalyst 2960-24LT-L	0.175 kVA
Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L	0.48 kVA	Cisco Catalyst 2960-24PC-L	0.470 kVA
Cisco Catalyst 2960S-24PS-L	0.46 kVA	Cisco Catalyst 2960-48PST-L	0.5 kVA
Cisco Catalyst 2960S-48TS-L	0.13 kVA	Cisco Catalyst 2960-48TC-L	0.075 kVA
Cisco Catalyst 2960S-24TS-L	0.09 kVA	Cisco Catalyst 2960G-8TC-L	0.05 kVA
		Cisco Catalyst 2960G-24TC-L	0.075 kVA
		Cisco Catalyst 2960G-48TC-L	0.140 kVA
<b>DC input voltages (RPS input)</b>			
<b>Cisco Catalyst 2960-S</b>			
Cisco Catalyst 2960S-48FPD-L	12V at 4 A	-52 V at 15 A	
Cisco Catalyst 2960S-48LPD-L	12V at 4 A	-52 V at 8 A	
Cisco Catalyst 2960S-24PD-L	12V at 3 A	-52 V at 8 A	
Cisco Catalyst 2960S-48TD-L	12V at 4 A	N/A	
Cisco Catalyst 2960S-24TD-L	12V at 3 A	N/A	
Cisco Catalyst 2960S-48FPS-L	12V at 4 A	-52 V at 15A	
Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L	12V at 4 A	-52 V at 8 A	
Cisco Catalyst 2960S-24PS-L	12V at 3 A	-52 V at 8 A	
Cisco Catalyst 2960S-48TS-L	12V at 4 A	N/A	
Cisco Catalyst 2960S-24TS-L	12V at 4 A	N/A	
<b>Cisco Catalyst 2960</b>			
Cisco Catalyst 2960-24TT-L	12V at 5 A	5 A	
Cisco Catalyst 2960-48TT-L			
Cisco Catalyst 2960-24TC-L			
Cisco Catalyst 2960-24LT-L	12 V at 8.3 A	-48 V at 2.7 A	
Cisco Catalyst 2960-24PC-L	12 V at 11.25 A	-48 V at 7.8 A	
Cisco Catalyst 2960-48PST-L	12 V at 4 A	-48 V at 7.8 A	
Cisco Catalyst 2960-48TC-L	12 V at 5 A		
Cisco Catalyst 2960G-24TC-L	12 V at 10.5 A		
Cisco Catalyst 2960G-48TC-L			
No RPS input for Cisco Catalyst 2960PD-8TT-L, Catalyst 2960-8TC-L, or Catalyst 2960G-8TC-L.			
<b>PoE and PoE+</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Maximum power supplied per port for PoE+ is 30W.</li> <li>Maximum power supplied per port for PoE is 15.4W.</li> <li>Total power dedicated to PoE or PoE+ is 370W or 740W.</li> </ul>			

**Table 9.** Power Specifications for Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches with LAN Base Software

Description	C2960-S Specifications				
Models	C2960S-48FPD-L	C2960S-48LPD-L	C2960S-24PD-L	C2960S-48TD-L	C2960S-24TD-L
<b>100 Percent Throughput</b>					
Measured Power Consumption	81W	71W	55W	55W	39W
<b>5 Percent Throughput</b>					
Measured Power Consumption	80W	70W	54W	53W	38W
<b>5 Percent Throughput (with 50 Percent PoE Loads)</b>					

<b>Measured Power Consumption</b>	Switch Power: 464W PoE Power: 386W	Switch Power: 266W PoE Power: 195W	Switch Power: 249W PoE Power: 195W	-	-
<b>100 Percent Throughput (with Maximum Possible PoE Loads)</b>					
<b>Measured Power Consumption</b>	Switch Power: 870W PoE Power: 744W	Switch Power: 466W PoE Power: 375W	Switch Power: 451W PoE Power: 375W	-	-

Description	C2960-S Specifications				
<b>Models</b>	<b>C2960S-48FPS-L</b>	<b>C2960S-48LPS-L</b>	<b>C2960S-24PS-L</b>	<b>C2960S-48TS-L</b>	<b>C2960S-24TS-L</b>
<b>100 Percent Throughput</b>					
<b>Measured Power Consumption</b>	79W	71W	55W	52W	40W
<b>5 Percent Throughput</b>					
<b>Measured Power Consumption</b>	78W	70W	54W	50W	39W
<b>5 Percent Throughput (with 50 Percent PoE Loads)</b>					
<b>Measured Power Consumption</b>	Switch Power: 464W PoE Power: 386W	Switch Power: 266W PoE Power: 195W	Switch Power: 249W PoE Power: 195W	-	-
<b>100 Percent Throughput (with Maximum Possible PoE Loads)</b>					
<b>Measured Power Consumption</b>	Switch Power: 870W PoE Power: 744W	Switch Power: 466W PoE Power: 375W	Switch Power: 449W PoE Power: 375W	-	-

Description	C2960 Specifications				
<b>Models</b>	<b>C2960-48PST-L</b>	<b>C2960-24PC-L</b>	<b>C2960-24LT-L</b>	<b>C2960-48TC-L</b>	<b>C2960-24TC-L</b>
<b>100 Percent Throughput</b>					
<b>Measured Power Consumption</b>	67W	45W	36W	39W	27W
<b>5 Percent Throughput</b>					
<b>Measured Power Consumption</b>	63W	43W	34W	36W	24W
<b>5 Percent Throughput (with 50 Percent PoE Loads)</b>					
<b>Measured Power Consumption</b>	Switch Power: 262W PoE Power: 187W	Switch Power: 237W PoE Power: 185W	Switch Power: 98W PoE Power: 62W	-	-
<b>100 Percent Throughput (with Maximum Possible PoE Loads)</b>					
<b>Measured Power Consumption</b>	Switch Power: 460W PoE Power: 339W	Switch Power: 433W PoE Power: 357W	Switch Power: 162W PoE Power: 119W	-	-

Description	C2960 Specifications				
<b>Models</b>	<b>C2960-48TT-L</b>	<b>C2960-24TT-L</b>	<b>C2960G-48TC-L</b>	<b>C2960G-24TC-L</b>	<b>C2960-24T-L</b>
<b>100 Percent Throughput</b>					
<b>Measured Power Consumption</b>	42W	28W	123W	72W	22W
<b>5 Percent Throughput</b>					
<b>Measured Power Consumption</b>	38W	26W	114W	65W	21W
<b>5 Percent Throughput (with 50 Percent PoE Loads)</b>					
<b>Measured Power Consumption</b>	-	-	-	-	-

100 Percent Throughput (with Maximum Possible PoE Loads)					
Measured Power Consumption	-	-	-	-	-

Description	Compact Switch Specifications		
Models	C2960-8TC-L	C2960PD-8TT-L	C2960G-8TC-L
100 Percent Throughput			
Measured Power Consumption	12W	11W	22W
5 Percent Throughput			
Measured Power Consumption	11W	N/A	20W
5 Percent Throughput (with 50 Percent PoE Loads)			
Measured Power Consumption	-	-	-
100 Percent Throughput (with Maximum Possible PoE Loads)			
Measured Power Consumption	-	-	-

**Note:** Disclaimer: All power consumption numbers were measured under controlled laboratory conditions and are provided as an estimate.

The wattage rating on the power supply does not represent actual power draw. It indicates the maximum power draw possible by the power supply. This rating can be used for facility capacity planning. For PoE switches, cooling requirements are smaller than the actual power consumption as a significant portion of PoE loads are dissipated in the endpoints.

#### Non-PoE Power Consumption

##### 100 Percent Throughput Switch Power Consumption

The numbers indicate the power consumed by a typical switch under normal conditions. Normal conditions signify a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar, and relative humidity from 30 to 75 percent. Typically such power draws are only seen when encountering a 100 percent traffic load made up entirely of 64-byte packets on the switch and the uplinks.

##### 5 Percent Throughput Switch Power Consumption

The numbers indicate the power consumed by a typical switch under normal conditions. Normal conditions signify a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar, and relative humidity from 30 to 75 percent. The numbers below indicate a 5 percent traffic load on the switch and its uplinks.

#### PoE Power Consumption

##### 100 Percent Throughput Switch Power Consumption (No PoE Loads)

The numbers indicate the power consumed by a typical switch under normal conditions. Normal conditions signify a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar, and relative humidity from 30 to 75 percent. Typically such power draws are only seen when encountering a 100 percent traffic load made up entirely of 64-byte packets with no PoE loads on the switch and uplinks.

### Measured 5 Percent Throughput Switch Power Consumption (No PoE Loads)

The numbers indicate the power consumed by a typical switch under normal conditions. Normal conditions signify a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar and relative humidity from 30 to 75 percent. The numbers below indicate a 5 percent traffic load on the switch and its uplinks.

### 100 Percent Throughput Switch Power Consumption (with Maximum PoE Loads)

The numbers indicate the power consumed by a typical system (the switch and the corresponding PoE loads) under normal conditions. Normal conditions signify a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar and relative humidity from 30 to 75 percent. Typically this power draw is realized when a switch is running 100 percent traffic load of 64 byte sized packets on all its ports and uplinks and also drawing 100 percent PoE load.

### 5 Percent Throughput Switch Power Consumption (with 50 Percent PoE Loads)

The numbers indicate the power consumed by a typical system (the switch and the corresponding PoE loads) under normal conditions. Normal conditions signify a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar and relative humidity from 30 to 75 percent. The numbers below indicate a 5 percent traffic load and 50 percent PoE load on the switch and its uplinks.

**Table 10.** Safety and Compliance

Description	Specification
<b>Safety certifications</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• UL 60950-1, Second Edition</li><li>• CAN/CSA 22.2 No. 60950-1, Second Edition</li><li>• TUV/GS to EN 60950-1, Second Edition</li><li>• CB to IEC 60950-1 Second Edition with all country deviations</li><li>• CE Marking</li><li>• NOM (through partners and distributors)</li></ul>
<b>Electromagnetic emissions certifications</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• FCC Part 15 Class A</li><li>• EN 55022 Class A (CISPR22)</li><li>• EN 55024 (CISPR24)</li><li>• AS/NZS CISPR22 Class A</li><li>• CE</li><li>• CNS13438 Class A</li><li>• MIC</li><li>• GOST</li><li>• China EMC Certifications</li></ul>
<b>Environmental</b>	Reduction of Hazardous Substances (ROHS) 5
<b>Telco</b>	Common Language Equipment Identifier (CLEI) code
<b>Warranty</b>	Limited lifetime warranty

## Cisco Limited Lifetime Hardware Warranty

Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches come with a limited lifetime warranty (Table 11). The warranty for the Catalyst 2960-S has the same terms as our standard limited lifetime warranty plus the addition of next business day delivery of replacement hardware where available and 90 days of 8X5 Cisco Technical Assistance Center (TAC) support.

Your formal warranty statement, including the warranty applicable to Cisco software, appears in the Cisco information packet that accompanies your Cisco product. We encourage you to review carefully the warranty statement shipped with your specific product before use.

Cisco reserves the right to refund the purchase price as its exclusive warranty remedy.

For further information on warranty terms, visit <http://www.cisco.com/go/warranty>.

**Table 11.** Limited Lifetime Warranty Terms

	Cisco Limited Lifetime Hardware Warranty	Cisco Enhanced Limited Lifetime Hardware Warranty
<b>Device covered</b>	Applies to Cisco Catalyst 2960 Series Switches sold on or after May 1, 2009.	Applies to Cisco Catalyst 2960-S Series Switches.
<b>Warranty duration</b>	As long as the original end user continues to own or use the product, provided that: fan and power supply warranty is limited to five (5) years.	As long as the original end user continues to own or use the product, provided that: fan and power supply warranty is limited to five (5) years.
<b>End-of-life policy</b>	In the event of discontinuance of product manufacture, Cisco warranty support is limited to five (5) years from the announcement of discontinuance.	In the event of discontinuance of product manufacture, Cisco warranty support is limited to five (5) years from the announcement of discontinuance.
<b>Hardware replacement</b>	Cisco or its service center will use commercially reasonable efforts to ship a replacement part within ten (10) working days after receipt of the RMA request. Actual delivery times may vary depending on customer location.	Cisco or its service center will use commercially reasonable efforts to ship a Catalyst 2960-S replacement part for next business day delivery, where available. Otherwise, a replacement will be shipped within ten (10) working days after the receipt of the RMA request. Actual delivery times may vary depending on customer location.
<b>Effective date</b>	Hardware warranty commences from the date of shipment to customer (and in case of resale by a Cisco reseller, not more than ninety [90] days after original shipment by Cisco).	Hardware warranty commences from the date of shipment to customer (and in case of resale by a Cisco reseller, not more than ninety [90] days after original shipment by Cisco).
<b>TAC support</b>	Not included.	Cisco will provide during customer's local business hours, 8 hours per day, 5 days per week basic configuration, diagnosis, and troubleshooting of device-level problems for up to 90 days from the date of shipment of the originally purchased Cisco Catalyst 2960-S product. This support does not include solution or network-level support beyond the specific device under consideration.
<b>Cisco.com Access</b>	Warranty allows guest access only to Cisco.com	Warranty allows guest access only to Cisco.com

## Software Update Policy for Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches with LAN Base Software

Customers with Cisco Catalyst LAN Base software licenses will be provided with maintenance updates and bug fixes designed to maintain the compliance of the software with published specifications, release notes, and industry standards compliance as long as the original end user continues to own or use the product or up to one year from the end-of-sale date for this product, whichever occurs earlier. Customers with licenses for our premium software images, Enterprise Services or IP Services, require a service support contract such as Cisco SMARTnet® Service to download updates.

This policy supersedes any previous warranty or software statement and is subject to change without notice.

## Cisco and Partner Services for the Catalyst 2960

Minimize operating costs and reduce power consumption with the Cisco Catalyst 2960 Switch using intelligent, personalized services from Cisco and our partners. Through a discovery process that begins with understanding your business objectives, we help you integrate the Cisco Catalyst into your architecture and incorporate network services onto it. Sharing knowledge and leading practices, we support your success every step of the way as you deploy, absorb, manage, and scale new technology. Choose from a flexible suite of support services designed to meet your business needs and help you maintain high-quality network performance while controlling operational costs. Table 10 lists the technical services available for the Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches.

**Table 12.** Technical Services Available for Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches

Technical Services
<b>Cisco SMARTnet Service</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Around-the-clock, global access to the Cisco TAC</li><li>• Unrestricted access to the extensive Cisco.com knowledge base and tools</li><li>• Next-business-day, 8x5x4, 24x7x4, or 24x7x2 advance hardware replacement and onsite parts replacement and installation available<sup>1</sup></li><li>• Ongoing operating system software updates within the licensed feature set<sup>2</sup></li><li>• Proactive diagnostics and real-time alerts on Smart Call Home enabled devices</li></ul>
<b>Cisco Smart Foundation Service</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Next-business-day advance hardware replacement as available</li><li>• Access to SMB TAC during business hours (access levels vary by region)</li><li>• Access to Cisco.com SMB knowledge base</li><li>• Online technical resources through Smart Foundation Portal</li><li>• Operating system software bug fixes and patches</li></ul>
<b>Cisco Smart Care Service</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Network-level coverage for the needs of small and medium-sized businesses</li><li>• Proactive health checks and periodic assessments of Cisco network foundation, voice, and security technologies</li><li>• Technical support for eligible Cisco hardware and software through Smart Care Portal</li><li>• Cisco operating system and application software updates and upgrades<sup>2</sup></li><li>• Next-business-day advance hardware replacement as available, 24x7x4 option available<sup>1</sup></li></ul>
<b>Cisco SP Base Service</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Around-the-clock, global access to the Cisco TAC</li><li>• Registered access to Cisco.com</li><li>• Next-business-day, 8x5x4, 24x7x4, and 24x7x2 advance hardware replacement. Return to factory option available<sup>1</sup></li><li>• Ongoing operating system software updates<sup>2</sup></li></ul>
<b>Cisco Focused Technical Support Services</b> <p>Three levels of premium, high-touch services are available:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Cisco High-Touch Operations Management Service</li><li>• Cisco High-Touch Technical Support Service</li><li>• Cisco High-Touch Engineering Service</li></ul> <p>Valid Cisco SMARTnet or SP Base contracts are required on all network equipment.</p>

## Ordering Information

Tables 13, 14, and 15 give ordering information for the Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches with LAN Base Software.

**Table 13.** Ordering Information for Cisco Catalyst 2960-S Series Switches with LAN Base Software

Part Numbers	Description
<b>10 Gigabit Uplinks with 10/100/1000 Ethernet Connectivity</b>	
<b>WS-C2960S-48FPD-L</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 48 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports</li><li>• 740W PoE capacity</li><li>• 2 10 Gigabit Ethernet or 2 1 Gigabit Ethernet SFP+ uplink ports</li><li>• Optional Cisco FlexStack stacking support</li><li>• LAN Base image</li></ul>

<sup>1</sup> Advance hardware replacement is available in various service-level combinations. For example, 8x5xNBD indicates that shipment will be initiated during the standard 8-hour business day, 5 days a week (the generally accepted business days within the relevant region), with next-business-day (NBD) delivery. Where NBD is not available, same day shipping is provided. Restrictions apply; please review the appropriate service descriptions for details.

<sup>2</sup> Cisco operating system updates include the following: maintenance releases, minor updates, and major updates within the licensed feature set.



Part Numbers	Description
<b>WS-C2960S-48LPD-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 48 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports</li> <li>• 370W PoE capacity</li> <li>• 2 10 Gigabit Ethernet or 2 1 Gigabit Ethernet SFP+ uplink ports</li> <li>• Optional Cisco FlexStack stacking support</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>
<b>WS-C2960S-24PD-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports</li> <li>• 370W PoE capacity</li> <li>• 2 10 Gigabit Ethernet or 2 1 Gigabit Ethernet SFP+ uplink ports</li> <li>• Optional Cisco FlexStack stacking support</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>
<b>WS-C2960S-48TD-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 48 Ethernet 10/100/1000 ports</li> <li>• 2 10 Gigabit Ethernet or 2 1 Gigabit Ethernet SFP+ uplink ports</li> <li>• Optional Cisco FlexStack stacking support</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>
<b>WS-C2960S-24TD-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24 Ethernet 10/100/1000 ports</li> <li>• 2 10 Gigabit Ethernet or 2 1 Gigabit Ethernet SFP+ uplink ports</li> <li>• Optional Cisco FlexStack stacking support</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>
<b>1 Gigabit Uplinks with 10/100/1000 Ethernet Connectivity</b>	
<b>WS-C2960S-48FPS-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 48 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports</li> <li>• 740W PoE capacity</li> <li>• 2 1 Gigabit Ethernet SFP uplink ports</li> <li>• Optional Cisco FlexStack stacking support</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>
<b>WS-C2960S-48LPS-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 48 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports</li> <li>• 370W PoE capacity</li> <li>• 2 1 Gigabit Ethernet SFP uplink ports</li> <li>• Optional Cisco FlexStack stacking support</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>
<b>WS-C2960S-24PS-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports</li> <li>• 370W PoE capacity</li> <li>• 2 1 Gigabit Ethernet SFP uplink ports</li> <li>• Optional Cisco FlexStack stacking support</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>
<b>WS-C2960S-48TS-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 48 Ethernet 10/100/1000 ports</li> <li>• 2 1 Gigabit Ethernet SFP uplink ports</li> <li>• Optional Cisco FlexStack stacking support</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>
<b>WS-C2960S-STACK</b>	FlexStack hot-swappable stacking module

**Table 14.** Ordering Information for Cisco Catalyst 2960 Series Switches with LAN Base Software

Part Numbers	Description
<b>WS-C2960PD-8TT-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 Ethernet 10/100 ports and 1 10/100/1000 PoE input port</li> <li>• Power adaptor (PWR-A=) and power cord sold separately</li> <li>• Compact size with no fan; magnet included</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>
<b>WS-C2960-8TC-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 Ethernet 10/100 ports</li> <li>• 1 dual-purpose uplink (dual-purpose uplink port has 1 10/100/1000 Ethernet port, 1 SFP-based Gigabit Ethernet port, 1 port active)</li> <li>• Compact size with no fan; magnet included</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>

Part Numbers	Description
<b>WS-C2960-24TT-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24 Ethernet 10/100 ports and 2 10/100/1000 TX uplinks</li> <li>• 1 RU fixed-configuration</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>
<b>WS-C2960-48TT-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 48 Ethernet 10/100 ports and 2 10/100/1000 TX uplinks</li> <li>• 1 RU fixed-configuration</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>
<b>WS-C2960-24LT-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24 Ethernet 10/100 ports with 8 PoE ports and 2 10/100/1000 TX uplinks</li> <li>• 1 RU fixed-configuration</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>
<b>WS-C2960-24PC-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24 Ethernet 10/100 PoE ports and 2 dual-purpose uplinks</li> <li>• 1 RU fixed-configuration</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>
<b>WS-C2960-48PST-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 48 Ethernet 10/100 PoE ports and 2 10/100/1000 uplinks and 2 SFP uplinks</li> <li>• 1 RU fixed-configuration</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>
<b>WS-C2960-48TC-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 48 Ethernet 10/100 ports and 2 dual-purpose uplinks (each dual-purpose uplink port has 1 10/100/1000 Ethernet port and 1 SFP-based Gigabit Ethernet port, 1 port active)</li> <li>• 1 RU fixed-configuration</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>
<b>WS-C2960G-8TC-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 7 Ethernet 10/100/1000 ports and 1 dual-purpose uplink (dual-purpose uplink port has 1 10/100/1000 Ethernet port and 1 SFP-based Gigabit Ethernet port, 1 port active)</li> <li>• Compact size with no fan; magnet included</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>
<b>WS-C2960G-24TC-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 Ethernet 10/100/1000 ports and 4 dual-purpose uplinks (each dual-purpose uplink port has 1 10/100/1000 Ethernet port and 1 SFP-based Gigabit Ethernet port, 1 port active)</li> <li>• 1 RU fixed-configuration</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>
<b>WS-C2960G-48TC-L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 44 Ethernet 10/100/1000 ports and 4 dual-purpose uplinks (each dual-purpose uplink port has 1 10/100/1000 Ethernet port and 1 SFP-based Gigabit Ethernet port, 1 port active)</li> <li>• 1 RU fixed-configuration</li> <li>• LAN Base image</li> </ul>

**Table 15.** Ordering Information for Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches with LAN Base Software Accessories

Part Numbers	Description
<b>CAB-STK-E-0.5M</b>	FlexStack stacking cable with a 0.5 m length
<b>CAB-STK-E-1M</b>	FlexStack stacking cable with a 1.0 m length
<b>CAB-STK-E-3M</b>	FlexStack stacking cable with a 3.0 m length
<b>CAB-CONSOLE-RJ45</b>	Console cable 6 ft with RJ45
<b>CAB-CONSOLE-USB</b>	Console cable 6 ft with USB Type A and mini-B connectors
<b>CAB-16AWG-AC</b>	AC power cord, 16AWG
<b>CAB-ACE</b>	AC power cord (Europe), C13, CEE 7, 1.5M
<b>CAB-L620P-C13-US</b>	Power cord, 250VAC, 15A, NEMA L6-20 to C13, US
<b>CAB-ACI</b>	AC power cord (Italy), C13, CEI 23-16, 2.5m
<b>CAB-ACU</b>	AC power cord (UK), C13, BS 1363, 2.5m
<b>CAB-ACA</b>	AC power cord (China/Australia), C13, AS 3112, 2.5m
<b>CAB-ACS</b>	AC power cord (Switzerland), C13, IEC 60884-1, 2.5m
<b>CAB-ACR</b>	AC power cord (Argentina), C13, EL 219 (IRAM 2073), 2.5m

Part Numbers	Description
<b>CAB-ACC</b>	Power cord (China) 10A, IEC 320, C13 (APN=CS-PWR-CH)
<b>CAB-3P-JPN</b>	CABASY,POWER CORD, JAPAN 3P, PSE, 12A @125VAC
<b>CAB-L620P-C13-JPN</b>	Power cord (Japan) 250VAC, 15A, NEMA L6-20 to C13, JAPAN
<b>CAB-IND-10A</b>	Power cord (India)
<b>PWR-RPS2300</b>	Cisco Redundant Power System 2300 and blower, no power supply
<b>BLNK-RPS2300=</b>	Spare bay insert for Cisco Redundant Power System 2300 for Cisco Catalyst 2960 and Catalyst 2960-S switches
<b>CAB-RPS2300-E=</b>	Spare RPS2300 cable for Cisco Catalyst 2960-48PST-L, 2960-24PC-L and 2960-24LT-L switches and Catalyst 2960-S switches
<b>CAB-RPS2300=</b>	Spare RPS2300 cable for Cisco Catalyst 2960 except as noted with CAB-RPS2300-E above
<b>BLWR-RPS2300=</b>	Spare 45 CFM blower for Cisco Redundant Power System 2300
<b>C3K-PWR-750WAC=</b>	Catalyst 2960 and Catalyst 2960-S RPS 2300 750W AC power supply spare
<b>PWR-A=</b>	Power adapter for Cisco Catalyst 2960PD-8TT-L compact switch
<b>CBLGRD-C2960-8TC=</b>	Cable guard for Cisco Catalyst 2960-8TC compact switch
<b>CBLGRD-C2960G-8TC=</b>	Cable guard for Cisco Catalyst 2960G-8TC compact switch
<b>RCKMNT-19-CMPCT=</b>	Rack mount for Cisco Catalyst 2960-8TC and Catalyst 2960G-8TC compact switches
<b>RCKMNT-1RU=</b>	Spare rack-mount kit for Cisco Catalyst 2960 and 2960-S Series for 19- and 24-inch racks
<b>RCKMNT-REC-1RU=</b>	1 RU recessed rack-mount kit for Cisco Catalyst 2960 and 2960-S Series
<b>GLC-LH-SM=</b>	1000BASE-LX/LH SFP transceiver module for MMF and SMF, 1300-nm wavelength
<b>GLC-SX-MM=</b>	1000BASE-SX SFP transceiver module for MMF, 850-nm wavelength
<b>GLC-ZX-SM=</b>	1000BASE-ZX SFP transceiver module for SMF, 1550-nm wavelength
<b>GLC-T=</b>	1000BASE-T SFP transceiver module for Category 5 copper wire Not supported on the Cisco Catalyst 2960-8TC and Catalyst 2960G-8TC compact switches
<b>GLC-BX-D=</b>	1000BASE-BX10 SFP transceiver module for single strand SMF, 1490-nm TX/1310-nm RX wavelength
<b>GLC-BX-U=</b>	1000BASE-BX10 SFP transceiver module for single strand SMF, 1310-nm TX/1490-nm RX wavelength
<b>GLC-GE-100FX=</b>	100BASE-FX SFP module for Gigabit Ethernet ports, 1310-nm wavelength, 2 km over MMF Not supported on the Cisco Catalyst 2960-8TC and Catalyst 2960G-8TC compact switches
<b>GLC-FE-100FX=</b>	100BASE-FX SFP module for 100-Mb ports, 1310-nm wavelength, 2 km over MMF
<b>GLC-FE-100LX=</b>	100BASE-LX10 SFP module for 100-Mb ports, 1310-nm wavelength, 10 km over SMF
<b>GLC-FE-100BX-D=</b>	100BASE-BX10-D SFP module for 100-Mb ports, 1550-nm TX/1310-nm RX wavelength, 10 km over single-strand SMF
<b>GLC-FE-100BX-U=</b>	100BASE-BX10-U SFP module for 100-Mb ports, 1310-nm TX/1550-nm RX wavelength, 10 km over single-strand SMF
<b>CWDM-SFP-1470=</b>	Cisco CWDM SFP 1470 nm; Gigabit Ethernet and 1G/2G Fibre Channel (FC) (gray)
<b>CWDM-SFP-1490=</b>	Cisco CWDM SFP, 1490 nm; Gigabit Ethernet and 1G/2G FC (violet)
<b>CWDM-SFP-1510=</b>	Cisco CWDM SFP, 1510 nm; Gigabit Ethernet and 1G/2G FC (blue)
<b>CWDM-SFP-1530=</b>	Cisco CWDM SFP, 1530 nm; Gigabit Ethernet and 1G/2G FC (green)
<b>CWDM-SFP-1550=</b>	Cisco CWDM SFP, 1550 nm; Gigabit Ethernet and 1G/2G FC (yellow)
<b>CWDM-SFP-1570=</b>	Cisco CWDM SFP, 1570 nm; Gigabit Ethernet and 1G/2G FC (orange)
<b>CWDM-SFP-1590=</b>	Cisco CWDM SFP, 1590 nm; Gigabit Ethernet and 1G/2G FC (red)
<b>CWDM-SFP-1610=</b>	Cisco CWDM SFP, 1610 nm; Gigabit Ethernet and 1G/2G FC (brown)
<b>CAB-SM-LCSC-1M</b>	1m fiber single-mode LC-to-SC connectors
<b>CAB-SM-LCSC-5M</b>	5m fiber single-mode LC-to-SC connectors

Part Numbers	Description
<b>SFP-10G-LR=</b>	10GBASE-LR SFP+ module
<b>SFP-10G-SR=</b>	10GBASE-SR SFP+ module
<b>SFP-10G-LRM=</b>	10GBASE-LRM SFP module
<b>SFP-10G-CX1=</b>	10GBASE-CX1 SFP module
<b>SFP-H10GB-CU1M=</b>	10GBASE-CU SFP+ Cable 1 Meter
<b>SFP-H10GB-CU3M=</b>	10GBASE-CU SFP+ Cable 3 Meter
<b>SFP-H10GB-CU5M=</b>	10GBASE-CU SFP+ Cable 5 Meter

For the latest SFP compatibility information with C2960 model switches, please consult the tables available here:  
[http://www.cisco.com/en/US/products/hw/modules/ps5455/products\\_device\\_support\\_tables\\_list.html](http://www.cisco.com/en/US/products/hw/modules/ps5455/products_device_support_tables_list.html).

For more information about Cisco products, contact:

- United States and Canada: (toll free) 800 553-NETS (6387)
- Europe: 32 2 778 4242
- Australia: 612 9935 4107
- Other: 408 526-7209
- World Wide Web URL: <http://www.cisco.com>



**Americas Headquarters**  
Cisco Systems, Inc.  
San Jose, CA

**Asia Pacific Headquarters**  
Cisco Systems (USA) Pte. Ltd.  
Singapore

**Europe Headquarters**  
Cisco Systems International BV Amsterdam,  
The Netherlands

Cisco has more than 200 offices worldwide. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the Cisco Website at [www.cisco.com/go/offices](http://www.cisco.com/go/offices).

Cisco and the Cisco Logo are trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the U.S. and other countries. A listing of Cisco's trademarks can be found at [www.cisco.com/go/trademarks](http://www.cisco.com/go/trademarks). Third party trademarks mentioned are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (1005R)

Printed in USA

C78-341562-14 10/11

## C.2 Switch Capa de Núcleo Colapsado

La ficha técnica para el switch **Cisco Catalyst 4900M** es la siguiente:

## Cisco Catalyst 4900M Switch

High-Performance Small Form-Factor Cisco Catalyst Switch with Flexibility and Investment Protection for Top-of-Rack Switching or Midmarket Collapsed Core and Aggregation Layer Deployment

### Product Overview

The Cisco® Catalyst® 4900M Switch (Figure 1) is designed for data center network top-of-rack switching and midmarket collapsed core and aggregation layer deployment. Optimized for ultimate deployment flexibility for the data center, the Cisco Catalyst 4900M can be deployed for 10/100/1000 or 1/10GBASE-T server access with 1:1 uplink-to-downlink oversubscription and environments with a mix of 10/100/1000 and 10 Gigabit Ethernet servers or all 10 Gigabit Ethernet servers.

The Cisco Catalyst 4900M is a 320-Gbps, 250-million-packets-per-second (mpps), two-rack-unit (2RU) fixed-configuration switch with eight fixed wire-speed X2 ports on the base unit and two optional half-card slots for deployment flexibility and investment protection. Low latency, scalable buffer memory, and high availability with 1+1 hot-swappable AC or DC power supplies and a field-replaceable fan tray optimize the Cisco Catalyst 4900M for data centers of any size.

For the midmarket collapsed core and aggregation layer and in the branch office, the Cisco Catalyst 4900M provides an ideal solution for space-constrained deployments that require high-performance wire-speed services and high availability. With the unique semifixed architecture and support of the Cisco TwinGig Converter Module, the Cisco Catalyst 4900M can be used in a collapsed core and aggregation layer LAN deployment, providing the flexibility to deploy Gigabit Ethernet now and cost-effectively migrate to 10 Gigabit Ethernet as requirements change.

The Cisco Catalyst 4900M configuration provides wire-speed connection, buffers to handle bursty traffic, and a comprehensive set of Layer 3 features required at the collapsed core and aggregation layer of the network. The Cisco Catalyst 4900M also supports a suite of ease-of-management features to simplify operations.

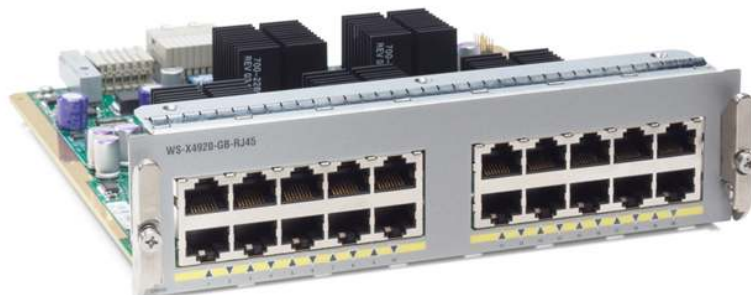
**Figure 1.** Cisco Catalyst 4900M Switch



## Features and Benefits

The Cisco Catalyst 4900M half cards provide a wide variety of combinations of Gigabit Ethernet and 10 Gigabit Ethernet media types. The base unit can accommodate up to two of the half cards shown in Figures 2, 3, 4, and 5, in any combination.

**Figure 2.** 20-Port Wire-Speed 10/100/1000 (RJ-45) Half Card



**Figure 3.** 4-Port Wire-Speed 10 Gigabit Ethernet (X2) Half Card



**Figure 4.** 8-Port (2:1) 10 Gigabit Ethernet (X2) Half Card (Compatible with Cisco TwinGig Converter Module)



**Figure 5.** 8-Port (2:1) 10GBASE-T RJ-45 Half Card<sup>1</sup> (Capable of Operating at 1G/10G for Up to 100m on Cat6a/Cat7 Cable)

In addition to deployment flexibility, the half slots provide investment protection for further additions of Gigabit Ethernet and 10 Gigabit Ethernet media.

Table 1 summarizes the features and benefits of the Cisco Catalyst 4900M.

**Table 1.** Features and Benefits

Feature	Benefit
<b>Outstanding Scalability</b>	
17.5 MB shared buffers	Large buffers for microburst and high traffic control
Up to 320 Gbps and 250 mpps wire-speed performance with low latency	Delay-sensitive traffic forwarded without interruption
Wire-speed uplinks	Elimination of oversubscription bottlenecks between downlinks and uplinks across the switch with any combination of half cards
<b>Configuration Flexibility</b>	
Choice of Gigabit Ethernet and 10 Gigabit Ethernet interfaces	Granular configuration options for all—Gigabit Ethernet to 10 Gigabit Ethernet transition
Choice of copper or fiber 1G/10G Ethernet interfaces	Mix and match 1G/10G RJ-45 and X2 line cards
Online insertion and removal of cards	In-service line card changes
Cisco TwinGig Converter Module support*	Gigabit Ethernet and 10 Gigabit Ethernet interface support on the same card
Dual AC or DC power	High availability for nonstop operation
<b>Investment Protection</b>	
Modular half slots	Migration to new media types through additional half cards
Field-replaceable power supplies and hot-swappable removable fan	Extended longevity of hardware
Use of existing software	Consistent operational model for all Cisco Catalyst 4900 Series Switches

\* Supported only on 8-port (2:1) 10 Gigabit Ethernet (X2) half card.

## One System, Many Configurations

The Cisco Catalyst 4900M can be configured to meet the needs of many types of top-of-rack deployments. Table 2 summarizes the configuration options.

<sup>1</sup> Available 1HCY10.

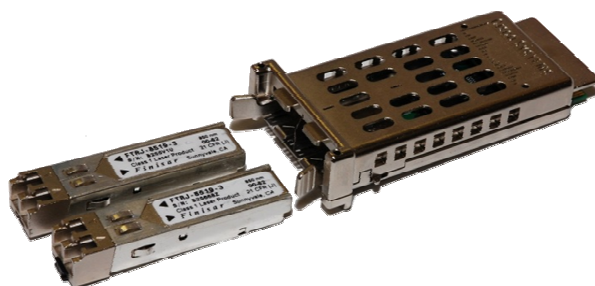


**Table 2.** Cisco Catalyst 4900M Configuration Options

Configuration	10 Gigabit Ethernet (X2) Ports	1/10 Gigabit Ethernet (10GBASE-T) Ports	10/100/1000 Ports	Gigabit Ethernet (Small Form-Factor Pluggable [SFP]) Ports Using TwinGig Converter Module
10/100/1000 access with 10 Gigabit Ethernet uplinks	8	0	40	0
10/100/1000 and 10 Gigabit Ethernet access with 10 Gigabit Ethernet uplinks	12 or 16	0	20	0
Gigabit Ethernet (SFP) access with 10 Gigabit Ethernet uplinks	8	0	0	32
Gigabit Ethernet (SFP) and 10 Gigabit Ethernet access with 10 Gigabit Ethernet uplinks	12 or 16	0	0	16
10 Gigabit Ethernet access (X2) with 10 Gigabit Ethernet uplinks	16 or 24	0	0	0
Gigabit Ethernet (SFP) and 10/100/1000 access with 10 Gigabit Ethernet uplinks	8	0	20	16
10 Gigabit Ethernet access (10GBASE-T) with 10 Gigabit Ethernet Uplinks	8	16	0	0
10/100/1000 and 10 Gigabit (10GBASE-T) Ethernet access with 10 Gigabit Ethernet uplinks	8	8	20	0
10 Gigabit (10GBASE-T) and 10 Gigabit (X2) Ethernet access with 10 Gigabit Ethernet uplinks	12 or 16	8	0	0
10 Gigabit (10GBASE-T) and Gigabit Ethernet (SFP) access with 10 Gigabit Ethernet uplinks	8	8	0	16

### 10 Gigabit Ethernet and Gigabit Ethernet on the Same Half Card

The Cisco TwinGig Converter Module (Figure 6) converts a single 10 Gigabit Ethernet X2 interface into two Gigabit Ethernet port slots that can be populated with SFP optics, enabling customers to use Gigabit Ethernet SFPs on the same card in combination with 10 Gigabit Ethernet X2 optics. The Cisco OneX Converter Module is supported on all 10 Gigabit Ethernet modules of the Cisco Catalyst 4900M. The Cisco OneX converts an X2 interface into one SFP+ interface and uses the full range of Cisco SFP+ transceivers (Figure 7).

**Figure 6.** Cisco TwinGig Converter Module Converts a 10 Gigabit Ethernet X2 Interface into Two Gigabit Ethernet SFPs

**Figure 7.** Cisco OneX Converter Module Converts an X2 Interface into One SFP+ Interface

### Operational Consistency and Control

The Cisco Catalyst 4900M includes a console port to manage all system features. Remote in-band management is available with Simple Network Management Protocol (SNMP), Telnet client, BOOTP, and Trivial File Transfer Protocol (TFTP). Support for local or remote out-of-band management is delivered through a terminal or modem attached to the console interface.

The Cisco Catalyst 4900M supports file allocation table (FAT) file systems. System images can be updated directly through Microsoft Windows-based machines with compact flash memory readers.

Using CiscoWorks solutions, Cisco Catalyst switches can be configured and managed to deliver end-to-end device, VLAN, traffic, and policy management. The CiscoWorks LAN Management Solution (LMS) bundle offers tools such as CiscoWorks Resource Manager Essentials and CiscoWorks CiscoView. These web-based management tools offer several services, including automated inventory collection, software deployment, easy tracking of network changes, views into device availability, and quick isolation of error conditions.

### Software Configuration Options

Table 3 describes the software configuration options for the Cisco Catalyst 4900M Switch, and Table 4 describes the hardware options.

**Table 3.** Software Configuration Options for the Cisco Catalyst 4900M Switch

Software Image	Description
<b>IP Base image</b>	Standard Layer 3 image, including Routing Information Protocol Version 1 (RIPv1), RIPv2, static routes, and Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) stub
<b>Enterprise Services image</b>	Enhanced Layer 3 image, including Open Shortest Path First (OSPF), EIGRP, and Border Gateway Protocol (BGP); also includes all IP Base image features

**Table 4.** Cisco Catalyst 4900 Series Hardware Comparison

Feature and Description	Cisco Catalyst 4948	Cisco Catalyst 4948—10GE	Cisco Catalyst 4900M
<b>Switching capacity</b>	96 Gbps	136 Gbps	320 Gbps
<b>Throughput</b>	72 mpps	102 mpps	250 mpps for IPv4 125 mpps for IPv6
<b>IPv6 support</b>	In software	In software	In hardware
<b>Height</b>	1RU	1RU	2RU
<b>Modular half-card slots</b>	0	0	2
<b>Maximum 10/100/1000 Ports</b>	48	48	40

Maximum 10 Gigabit Ethernet (RJ-45) ports	0	0	16
Maximum 10 Gigabit Ethernet (fiber) ports	0	2	24
Maximum Gigabit Ethernet (fiber) ports	4	0	32 (Cisco TwinGig Converter Module)
Cisco TwinGig Converter Module support	No	No	Yes (half cards only)
Uplink optic types	4 SFP optics	Two X2 (10 Gigabit Ethernet) optics	Eight X2 (10 Gigabit Ethernet) optics, 8 SFP+ (using OneX)
Multilayer switching	IP Base and Enterprise Services options	IP Base and Enterprise Services options	IP Base and Enterprise Services options
Shared buffer	16 MB	16 MB	17.5 MB
CPU	266 MHz	666 MHz	1.3 GHz
Synchronous Dynamic RAM (SDRAM)	256 MB	256 MB	512 MB
Active VLANs	4096	4096	4096
Multicast entries	28,000 (Layer 3) 16,000 (Layer 2)	28,000 (Layer 3) 16,000 (Layer 2)	70,000 for IPv4 35,000 for IPv6
Per VLAN Spanning Tree (PVST) Protocol and VLAN IDs	4096	4096	4096
Spanning Tree Protocol instances	4094	4094	4094
Switched Virtual Interfaces (SVIs)	2000	2000	4096
Security and quality-of-service (QoS) hardware entries	32,000	32,000	128,000
MAC addresses	32,000	55,000	55,000
Switched Port Analyzer (SPAN)	2 ingress and 4 egress	2 ingress and 4 egress	8 ingress and 8 egress
USB port	No	No	Yes
Compact flash memory support	No	No	Yes
System reset button	No	No	Yes
Minimum software requirement	Cisco IOS® Software Release 12.2(20)EWA or later	Cisco IOS Software Release 12.2(25)EWA or later	Cisco IOS Software Release 12.2(46)SG or later

## Features at a Glance

### Layer 2 Features

- Layer 2 switch ports and VLAN trunks
- IEEE 802.1Q VLAN encapsulation
- Dynamic Trunking Protocol (DTP)
- VLAN Trunking Protocol (VTP) and VTP domains
- VTP pruning
- VTPv3
- Port security on trunk port
- Q-in-Q passthrough
- Support for 4096 VLANs per switch
- PVST+ and Per-VLAN Rapid Spanning-Tree Protocol (PVRST)
- Spanning Tree PortFast and PortFast guard
- Spanning Tree UplinkFast and BackboneFast
- IEEE 802.1s
- IEEE 802.1w

- IEEE 802.3ad
- Spanning Tree root guard
- Cisco Discovery Protocol
- Internet Group Management Protocol (IGMP) versions 1, 2, and 3 snooping
- IPv6 Multicast Listener Discovery (MLD) snooping
- Cisco EtherChannel technology, Cisco Fast EtherChannel technology, and Cisco Gigabit EtherChannel technology across half cards and base unit
- Port Aggregation Protocol (PAgP)
- Link Aggregation Control Protocol (LACP)
- Unidirectional link detection (UDLD) and aggressive UDLD
- Jumbo frames (up to 9216 bytes)
- Baby Giants (up to 1600 bytes)
- Storm control (formally known as broadcast and multicast suppression)
- Forced 10/100 autonegotiation
- Bridge protocol data unit (BPDU) guard
- FlexLink and FlexLink with VLAN Load Balancing
- IEEE 802.1ab Link Layer Discovery Protocol (LLDP) and 802.1ab LLDP Media Endpoint Devices (LLDP-MED)
- Resilient Ethernet Protocol (REP)
- IEEE 802.1Q tunneling (Q-in-Q) in hardware
- Layer 2 protocol tunneling

### **Layer 3 Features**

- Jumbo frames on all ports (up to 9216 bytes)
- Hardware-based IP Cisco Express Forwarding routing at 250 mpps
- IP routing protocols: EIGRP, OSPF, BGP4, RIP, and RIPv2
- OSPF fast convergence
- OSPF and EIGRP fast convergence protection
- EIGRP stub
- Static routing
- Inter-VLAN routing
- Virtual Route Forwarding lite (VRF-lite)
- Multicast VRF-lite
- VRF-aware IP services
- EIGRP to Multi-VRF CE (VRF-lite)
- Equal Cost Multi Path Routing (ECMP), up to 8 paths
- IPv6: RIP next generation (RIPng) for IPv6
- IPv6: OSPFv3
- IPv6: EIGRP
- Software-based generic routing encapsulation (GRE) tunneling

- IGMP v1, v2, and v3
- IGMP filtering on access and trunk ports
- IP multicast routing protocols: Protocol Independent Multicast (PIM) (sparse mode [SM], dense mode [DM], SDM)
- Protocol Independent Multicast Version 6 (PIMv6) (SM)
- Pragmatic General Multicast
- Bidirectional (Bi-dir) PIM
- Internet Control Message Protocol (ICMP)
- ICMP Router Discovery Protocol
- Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) server
- Per-port multicast suppression
- Unicast Reverse Path Forwarding (RPF)
- Policy-based routing (PBR)
- PIM source-specific multicast (SSM) mapping

**High Availability Features**

- 1+1 hot-swappable AC or DC power supplies
- Hot-swappable field-replaceable fan tray with redundant fans
- Hot Standby Router Protocol (HSRP)
- HSRPv2
- Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP)
- Cisco IOS Embedded Event Manager (EEM)
- Cisco Generic Online Diagnostics (GOLD)
- Enhanced Object Tracking (EOT)

**IPv6 Support**

- RIP next generation (RIPng) for IPv6
- OSPFv3
- EIGRP
- PIMv6 (SM)
- IPv6 unicast and multicast forwarding in hardware
- IPv6 addressing architecture
- Cisco Discovery Protocol IPv6 address family
- Cisco Express Forwarding and Distributed Cisco Express Forwarding in hardware
- Extended ACL
- ICMP rate limiting
- ICMPv6
- ICMPv6 redirect
- IP MIB
- IPv6 over IEEE 802.1Q
- IPv6 over IPv4 GRE tunnel (tunnel support in software)

- Intrasite Automatic Tunnel Addressing Protocol (ISATAP)
- Loopback
- MLD snooping
- MLDv1 and v2
- Maximum transmission unit (MTU) path discovery for IPv6
- Ping
- IPv6: Secure Shell (SSH) over an IPv6 transport
- Stateless autoconfiguration
- Static routes within IPv6
- Authentication, authorization, and accounting (AAA)
- Telnet
- Trivial FTP (TFTP)
- Traceroute
- Duplicate address detection
- Standard ACL
- IPv6 tunnels in software
- Hop-by-hop option header; in software
- DHCPv6 relay agent
- HSRPv2 IPv6

#### **Sophisticated QoS and Traffic Management**

- Modular QoS command-line interface (MQC)
- Per-port per VLAN QoS
- Dynamic Tx queue sizing
- Strict priority queuing
- IP differentiated services code point (DSCP)
- IEEE 802.1p class of service
- Flexible classification marking
- Classification and marking based on full Layer 3 and 4 headers
- Input and output policing based on Layer 3 and 4 headers
- Support for 16,000 policers with flexible assignment for input and output
- 2-rate 3-color policing
- Output queue management shaping and sharing
- Dynamic buffer limiting: Congestion-avoidance feature

#### **Performance and Scalability**

- 320-Gbps switching fabric
- Layer 2 hardware forwarding at 250 mpps
- Layer 3 hardware-based IP Cisco Express Forwarding routing at 250 mpps
- Layer 4 TCP and User Datagram Protocol (UDP) hardware-based filtering at 250 mpps
- Software-based learning at a sustained rate of 10,000 hosts per second

- 55,000 unicast MAC addresses
- 16,000 multicast MAC addresses
- 200,000 entries in routing table (shared between unicast and multicast)
- 4000 virtual ports (VLAN port instances)
- Bandwidth aggregation up to 16 Gbps through Cisco Gigabit EtherChannel technology.
- Bandwidth aggregation up to 160 Gbps for 10 Gigabit Ethernet through 10 Gigabit EtherChannel technology
- Hardware-based multicast management
- Hardware-based ACLs

**Management**

- Console port to manage all system features
- Software configuration management, including local and remote storage
- Optional compact flash memory card to store software images for backup and easy software upgrades (future)
- USB drive support (future)
- FAT file system support
- Manageable through CiscoWorks Windows network-management software on a per-port and per-switch basis, providing a common management interface for Cisco routers, switches, and hubs
- SNMP v1, v2, and v3 instrumentation, delivering comprehensive in-band management
- CLI-based management console to provide detailed out-of-band management
- Remote monitoring (RMON) software agent to support four RMON groups (history, statistics, alarms, and events) for enhanced traffic management, monitoring, and analysis
- Analysis support, including ingress port, egress port, and VLAN SPAN
- Layer 2 traceroute
- Cisco SmartPort macros
- SPAN ACL filtering
- DHCP client autoconfiguration
- Enhanced SNMP MIB support
- Network Timing Protocol (NTP)
- E-OAM 802.3ah and Connectivity Fault Management (CFM; 802.1ag)
- Ethernet management port
- Remote SPAN (RSPAN)
- Smart Call Home
- Network Mobility Service Protocol (NMSP)
- Management port features

**Advanced Security**

- TACACS+ and RADIUS, which enable centralized control of the switch and restrict unauthorized users from altering the configuration
- Standard and extended ACLs on all ports
- IEEE 802.1X user authentication (with VLAN assignment, voice VLAN, and port security)

- Router ACLs (RACLs) on all ports (no performance penalty)
- VLAN ACLs (VACLs)
- Port ACLs (PACLs)
- Private VLANs (PVLANS) on access ports
- DHCP snooping and Option 82 insertion
- Port security
- Sticky port security
- SSHv1 and SSHv2
- Unicast port flood blocking
- Dynamic Address Resolution Protocol (ARP) inspection
- IP source guard
- VLAN Management Policy Server (VMPS) client
- Network Admission Control (NAC) Layer 2 IEEE 802.1X
- NAC LAN port IP
- Secure Copy Protocol (SCP)
- Unicast RPF
- IEEE 802.1X Guest VLAN
- IEEE 802.1X Radius Accounting
- IEEE 802.1X MAC Authentication Bypass
- Control plane policing
- Access Node Control Protocol (ANCP) client
- Cisco Trusted Security Multihop Security Group Tag Exchange Protocol

## Technical Specifications

### Management

- CiscoWorks LMS; includes CiscoWorks Resource Manager Essentials
- CiscoWorks CiscoView
- SNMP v1, v2, and v3
- RMON I and II
- RFC 1213-MIB (MIB II)
- UDP-MIB
- TCP-MIB
- BGP4-MIB
- OSPF-MIB
- LLDP-MIB
- CISCO-FLASH-MIB
- CISCO-IMAGE-MIB
- RFC 2233 (IF-MIB)
- CISCO-CONFIG-MAN-MIB
- CISCO-MEMORY-POOL



- CISCO-CDP-MIB
- RMON-MIB lite (RFC 1757)
- RMON2-MIB lite (RFC 2021)
- HC-RMON-MIB
- SMON-MIB
- ENTITY-MIB (V1-RFC 2037) (V2- RFC 2737)
- CISCO-PROCESS-MIB
- CISCO-CONFIG-COPY-MIB
- CISCO-ENTITY-EXT-MIB
- CISCO-ENTITY-ASSET-MIB
- CISCO-ENTITY-FRU-CONTROL-MIB
- CISCO-ENTITY-SENSOR-MIB
- CISCO-ENVMON-MIB
- BRIDGE-MIB (RFC 1493)
- CISCO-PAGP-MIB
- CISCO-PRIVATE-VLAN-MIB
- CISCO-STP-EXTENSIONS-MIB
- CISCO-VLAN-MEMBERSHIP-MIB
- CISCO-VLAN-IFTABLE-RELATIONSHIP-MIB
- IGMP-MIB
- CISCO-ENTITY-VENDORTYPE-OID-MIB
- CISCO-SYSLOG-MIB
- CISCO-BULK-FILE-MIB
- CISCO-CLASS-BASED-QOS-MIB
- CISCO-FTP-CLIENT-MIB
- CISCO-HSRP-MIB
- CISCO-IGMP-FILTER-MIB
- CISCO-IPMROUTE-MIB
- CISCO-PORT-SECURITY-MIB
- CISCO-RMON-CONFIG-MIB
- CISCO-VTP-MIB
- ETHERLIKE-MIB
- EXPRESSION-MIB
- CISCO-PORT-STORM-CONTROL-MIB
- Static multicast MAC address in BRIDGE-MIB

**Industry Standards**

- Ethernet: IEEE 802.3 and 802.3an (10GBASE-T)
- Fast Ethernet: IEEE 802.3u and 100BASE-TX
- Gigabit Ethernet: IEEE 802.3z and 802.3ab

- 10 Gigabit Ethernet: IEEE 802.3ae
- IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol
- IEEE 802.1w rapid reconfiguration of spanning tree
- IEEE 802.1s multiple VLAN instances of spanning tree
- IEEE 802.3ad LACP
- IEEE 802.1p class of service (CoS) prioritization
- IEEE 802.1Q VLAN
- IEEE 802.1X user authentication
- 1000BASE-X (SFP)
- 1000BASE-SX
- 1000BASE-LX/LH
- 1000BASE-ZX
- RMON I and II standards

### Optics Support

SFPs used with Cisco TwinGig Converter Module for Gigabit Ethernet connectivity (supported only in WS-X4908-10GE(=) half card):

- GLC-T: 1000BASE-T SFP
- GLC-SX-MM: Gigabit Ethernet SFP, LC connector, and SX transceiver
- GLC-LH-SM: Gigabit Ethernet SFP, LC connector, and LX/LH transceiver
- GLC-BX-D: 1000BASE-BX10 SFP module for single-strand SMF, 1490-nm TX/1310-nm RX wavelength
- GLC-BX-U: 1000BASE-BX10 SFP module for single-strand SMF, 1310-nm TX/1490-nm RX wavelength
- GLC-ZX-SM: 1000BASE-ZX SFP
- Cisco (CWDM) SFP solution

### X2 Modules for 10 Gigabit Ethernet Connectivity

- X2-10GB-LR=: 10GBASE-LR X2 module
- X2-10GB-CX4=: 10GBASE-CX4 X2 module
- X2-10GB-LX4=: 10GBASE-LX4 X2 module
- X2-10GB-SR=: 10GBASE-SR X2 module
- X2-10GB-ER=: 10GBASE-ER X2 module
- X2-10GB-LRM=: 10GBASE-LRM X2 module
- X2-10GB-ZR=: 10GBASE-ZR X2 module
- DWDM-X2 =: 10GBASE-DWDM X2 module

### Cisco SFP+ Transceiver Modules for Cisco OneX Converter Module

- SFP-10G-SR=: Cisco 10GBASE-SR SFP+ module for multimode fiber (MMF)
- SFP-H10GB-CU1M: 10GBASE-CU SFP+ Cable 1 meter (Version -02)
- SFP-H10GB-CU3M: 10GBASE-CU SFP+ Cable 3 meter (Version -02)
- SFP-H10GB-CU5M: 10GBASE-CU SFP+ Cable 5 meter (Version -02)

## Product Specifications

Tables 5 and 6 list the specifications for the Cisco Catalyst 4900M.

**Table 5.** Product Specifications: Dimensions

Product Name	Maximum Overall Dimension (H x W x D [mm])
4900M 8-port base system	3.5 (89) x 17.2 (437) x 17.9 (455)
4900M 20-port 10/100/1000 RJ-45 half card	1.9 (49) x 7.4 (188) x 8.2 (209)
4900M 4 port 10GE half card with X2 interfaces	1.9 (49) x 7.4 (188) x 8.2 (209)
4900M 8 port 10GE half card with X2 interfaces	1.9 (49) x 7.4 (188) x 8.2 (209)
4900M 8 port 10GBASE-T RJ-45 half card	1.9 (49) x 7.4 (188) x 8.2 (209)
4900M AC power supply	1.9 (49) x 7.3 (186) x 10.7 (272)
4900M DC power supply	1.9 (49) x 7.3 (186) x 10.7 (272)
4900M spare fan tray	3.4 (87) x 2.5 (64) x 17.8 (453)

**Table 6.** Product Specifications: Weight

System Configurations	Weight
Cisco Catalyst 4900M 8-port base unit plus fan (no power supply)	25.0 lb (11.3 kg)
Cisco Catalyst 4900M 8-port base unit plus fan and 1 AC power supply	29.5 lb (13.4 kg)
Cisco Catalyst 4900M 8-port base unit plus fan and 2 AC power supplies	34.0 lb (15.4 kg)
Cisco Catalyst 4900M 4-port 10 Gigabit Ethernet half card with X2 interfaces	1.5 lb (0.7 kg)
Cisco Catalyst 4900M 20-port 10/100/1000 RJ-45 half card	1.5 lb (0.7 kg)
Cisco Catalyst 4900M 8-port 10 Gigabit Ethernet half card with X2 interfaces	2.5 lb (1.1 kg)
Cisco Catalyst 4900M 8-port 10GBase-T RJ-45 half card	2.5 lb (1.1 kg)

## Indicator and Port Specifications

- System status: Green (operational), red (faulty)
- Console: RJ-45 socket
- Reset (switch recessed for protection)
- Image management port: 10/100/1000BASE-T (RJ-45 socket) data terminal equipment (DTE); green (good), orange (disabled), and off (not connected)
- Air flow specifications (average):
  - Air flow at 25°C (77°F) is approximately 77 cubic feet per minute (cfm)
  - Air flow at 55°C (131°F) is approximately 150 to 160 cfm

Table 7 shows the air flow specifications by speed.

**Table 7.** Air Flow Specifications by Speed

Speed Level	RPM	Airflow (ft <sup>3</sup> /minute [m <sup>3</sup> /minute])
0	4953	77.7 (2.2)
1	7109	118.4 (3.4)
2	7752	127.6 (3.6)
3	9449	151.7 (4.3)

## Power Supply Specifications

The Cisco Catalyst 4900M offers a choice of 1000W AC or DC power supplies. The switch can operate with one power supply present. When two power supplies are installed, the switch shares the power load between the two power supplies (Table 8).

**Table 8.** AC and DC Power Supply Specifications

Item	1000W AC	1000W DC
Input current	14.12A root mean square maximum at 85 VAC input	31.60A maximum at –40.5 VDC input
Output current	Maximum 80.0A	Maximum 80.0A
Weight	4.5 lb (2.0 kg)	4.5 lb (2.0 kg)
Heat dissipation	Maximum use 818.88 British thermal units (BTUs) per hour	Maximum use 1091.84 BTUs per hour

**Power Use by Configuration**

- Forty 10/100/1000 ports and eight 10 Gigabit Ethernet (X2) ports at normal operating temperature: 328W
- Sixteen 10 Gigabit Ethernet ports at normal operating temperature: 282W
- Twenty-four 10 Gigabit Ethernet ports at normal operating temperature: 368W
- Sixteen 10GBASE-T ports and eight 10 Gigabit Ethernet (X2) ports at normal operating temperature: 446W
- Eight 10GBASE-T ports, twenty 10/100/1000 ports, and eight 10 Gigabit Ethernet (X2) ports at normal operating temperature: 387W
- Eight 10GBASE-T ports and sixteen 10 Gigabit Ethernet (X2) ports at normal operating temperature: 407W

**Software Requirements**

The Cisco Catalyst 4900M is supported only in Cisco IOS Software. The minimum software version for the Cisco Catalyst 4900M is Cisco IOS Software Release 12.2(46)SG

**Environmental Conditions**

- Operating temperature: 32° to 104°F (0° to 40°C)
- Storage temperature: –40° to 167°F (–40° to 75°C)
- Relative humidity: 10 to 90 percent, noncondensing
- Operating altitude: –60 to 2000m (-197 to 6562 ft)

**Regulatory Standards Compliance**

Table 9 summarizes Cisco Catalyst 4900M compliance with regulatory standards.

**Table 9.** Cisco Catalyst 4900M Regulatory Standards Compliance

Specification	Standard
Regulatory compliance	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CE marking</li> </ul>
Safety	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UL 60950</li> <li>• CAN/CSA-C22.2 No. 60950</li> <li>• EN 60950</li> <li>• IEC 60950</li> <li>• AS/NZS 60950</li> </ul>

<b>Electromagnetic compliance (EMC)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KN22 Class A</li> <li>• FCC Part 15 (CFR 47) Class A</li> <li>• ICES-003 Class A</li> <li>• EN55022 Class A</li> <li>• CISPR22 Class A</li> <li>• AS/NZS CISPR22 Class A</li> <li>• VCCI Class A</li> <li>• EN 55022</li> <li>• EN 55024</li> <li>• EN 61000-6-1</li> <li>• EN 50082-1</li> <li>• EN 61000-3-2</li> <li>• EN 61000-3-3</li> <li>• CISPR24</li> </ul>
<b>Industry EMC, safety, and environmental standards</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SR-3580 NEBS level 3 (GR-63-CORE, issue 3, and GR-1089-CORE, issue 4)</li> <li>• Telecommunications Carrier Group (TCG) Checklist</li> <li>• ATT TP76200 level 3 and TCG Checklist</li> <li>• ETS 300 019-1-1, Class 1.2 Storage</li> <li>• ETS 300 019-1-2, Class 2.3 Transportation</li> <li>• ETS 300 019-1-3, Class 3.2 Stationary Use</li> </ul>

### Cisco IOS Software Packaging for the Cisco Catalyst 4900M

Cisco provides a Cisco IOS Software package for the Cisco Catalyst 4900M, creating a foundation for features and functions and offering consistency across all Cisco Catalyst switches. The Cisco IOS Software release is designated Release 12.2SG. The Cisco Catalyst 4900M software packages support different features, depending on the image:

- The IP Base image does not support the following routing-related features: BGP, EIGRP, OSPF, and VRF-lite).
- The IP Base image supports EIGRP stub, RIP v1 and v2, and static routes for Layer 3 routing on all Cisco Catalyst 4900M Switches.

The Enterprise Services image supports all Cisco Catalyst 4900M software features based on Cisco IOS Software, including enhanced routing. Table 3 earlier in this document provides a more detailed description of the feature differences between the IP Base and Enterprise Services images.

### Ordering Information

Table 10 provides ordering information.

**Table 10.** Ordering Information

Product Name	Part Number
Cisco Catalyst 4900M 8-port base system	WS-C4900M
Cisco Catalyst 4900M 20-port 10/100/1000 RJ-45 half card	WS-X4920-GB-RJ45 (=)
Cisco Catalyst 4900M 4 port 10GE half card with X2 interfaces	WS-X4904-10GE (=)
Cisco Catalyst 4900M 8 port 10GE half card with X2 interfaces	WS-X4908-10GE (=)
Cisco Catalyst 4900M 8 port 10GBASE-T RJ-45 half card <sup>2</sup>	WS-X4908-10G-RJ45 (=)
Cisco Catalyst 4900M AC power supply	PWR-C49M-1000AC(=)
Cisco Catalyst 4900M AC power supply redundant	PWR-C49M-1000AC/2
Cisco Catalyst 4900M DC power supply	PWR-C49M-1000DC (=)
Cisco Catalyst 4900M DC power supply redundant	PWR-C49M-1000DC/2
Cisco Catalyst 4900M spare fan tray	WS-X4992=

<sup>2</sup> 1HCY2010

Cisco TwinGig Converter Module	CVR-X2-SFP=
Cisco OneX Converter Module	CVR-X2-SFP10G=
Cisco Catalyst 4900M IOS IP Base without CRYPTO	S49MIPB-12246SG(=)
Cisco Catalyst 4900M IOS IP Base SSH	S49MIPBK9-12246SG(=)
Cisco Catalyst 4900M IOS Enterprise Services without CRYPTO	S49MES-12246SG(=)
Cisco Catalyst 4900M IOS Enterprise Services SSH	S49MESK9-12246SG(=)
Cisco Catalyst 4900M IOS IP Base without CRYPTO	S49MIPB-12250SG(=)
Cisco Catalyst 4900M IOS IP Base SSH	S49MIPBK9-12250SG(=)
Cisco Catalyst 4900M IOS Enterprise Services without CRYPTO	S49MES-12250SG(=)
Cisco Catalyst 4900M IOS Enterprise Services SSH	S49MESK9-12250SG(=)
Cisco Catalyst 4900M IOS IP Base without CRYPTO	S49MIPB-12252SG(=)
Cisco Catalyst 4900M IOS IP Base SSH	S49MIPBK9-12252SG(=)
Cisco Catalyst 4900M IOS Enterprise Services without CRYPTO	S49MES-12252SG(=)
Cisco Catalyst 4900M IOS Enterprise Services SSH	S49MESK9-12252SG(=)

The Cisco Catalyst 4900M can be ordered as a fully configured system, including all port cards and optics, or as spares. Part numbers for spares have = at the end.

## Service and Support

Using the Cisco Lifecycle Services approach, Cisco and its partners provide a broad portfolio of end-to-end services and support that can help increase your network's business value and return on investment (ROI). This approach defines the minimum set of activities needed, by technology and by network complexity, to help you successfully deploy and operate Cisco technologies and optimize their performance throughout the lifecycle of your network.

## Warranty

The Cisco Catalyst 4900M is warranted for one year. The warranty includes hardware replacement with a 10-day turnaround from receipt of a return materials authorization (RMA).

## Cisco Technical Support Services

Cisco Technical Support Services help ensure that your Cisco products operate efficiently, remain highly available, and benefit from current system software to help you effectively manage your network service while controlling operational costs. (See Tables 11 and 12.)

Cisco Technical Support Services provide significant benefits that go beyond what is offered under the Cisco warranty. Services available under a Cisco SMARTnet<sup>®</sup> Service contract that are not covered under a warranty include the following:

- Latest software updates
- Rapid replacement of hardware with next-day, 4-hour, or 2-hour dispatch options
- Ongoing technical support through Cisco Technical Assistance Center (TAC)
- Registered access to <http://www.cisco.com>

**Table 11.** Technical Support Services Components

Feature	Benefit or Advantage
<b>Software support</b>	Software support offers maintenance and minor and major updates for licensed feature sets. Downloading new maintenance releases, patches, or updates of Cisco IOS Software helps enhance and extend the useful life of Cisco devices. Through major software updates, it is possible to extend the life of equipment and maximize application technology investments by: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adding new functions that, in many cases, require no additional hardware investment</li> <li>• Increasing the performance of current functions</li> <li>• Enhancing network or application availability, reliability, and stability</li> </ul>
<b>Cisco TAC support</b>	With more than 1000 highly trained customer support engineers, 390 Cisco CCIE® experts, and access to 13,000 R&D engineers, Cisco TAC complements your in-house staff with a high level of knowledge in data, voice, and video communications networking technology. Its sophisticated call-routing system quickly routes calls to the correct technology personnel. Cisco TAC is available 24 hours a day, 365 days a year.
<b>Cisco.com</b>	This award-winning website provides 24-hour access to an extensive collection of online product and technology information, interactive network management and troubleshooting tools, and knowledge-transfer resources that can help customers reduce costs by increasing staff self-sufficiency and productivity.
<b>Advance hardware replacement</b>	Advance replacement and onsite field engineer options provide fast access to replacement hardware and field resources for installing hardware, minimizing the risk of potential network downtime.

**Table 12.** Technical Support Services Competitive Differentiators

Feature	Benefit or Advantage
<b>Worldwide virtual lab</b>	This extensive lab of Cisco equipment and Cisco IOS Software versions provides an invaluable engineering resource and knowledge base for training, product information, and recreation and testing of selected network concerns to help decrease time to resolution.
<b>Cisco TAC training</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Boot camps</li> <li>• Tech calls</li> <li>• Tech forums</li> </ul>	Cisco is committed to providing customers the latest in technology support. These TAC training programs assist customers in case avoidance and provide knowledge transfer of Cisco networking expertise.
<b>Cisco Live</b>	A powerful suite of Internet-enabled tools with firewall-friendly features, these secure, encrypted Java applets can turn a simple phone call into an interactive collaboration session, allowing a customer and Cisco TAC support engineer to work together more effectively.
<b>Global logistics</b>	This feature delivers award-winning, worldwide hardware-replacement support through 650 depots covering 120 countries with a \$2.3 billion investment in inventory, taking advantage of 10,000 onsite field engineers.
<b>Cisco IOS Software</b>	Cisco IOS Software employs 100 discrete technologies with more than 2000 features. Each year, 400 new features are added. Cisco IOS Software is installed in more than 10 million devices and is running on more than 10,000 networks worldwide. It operates on the world's largest IPv6 and VoIP networks and in all major service provider networks worldwide.

## For More Information

To learn more about how you can take advantage of Cisco Technical Support Services, talk to your Cisco representative or visit Cisco Technical Support Services at

[http://www.cisco.com/en/US/products/svcs/ps3034/ps2827/serv\\_category\\_home.html](http://www.cisco.com/en/US/products/svcs/ps3034/ps2827/serv_category_home.html).

For additional information about the Cisco Catalyst 4900 Series, visit <http://www.cisco.com/go/catalyst4900>.

For additional information about Cisco products, contact:

- United States and Canada: 800 553-NETS (6387)
- Europe: +32 2 778 4242
- Australia: +612 9935 4107
- Other: 408 526-7209
- <http://www.cisco.com>



**Americas Headquarters**  
Cisco Systems, Inc.  
San Jose, CA

**Asia Pacific Headquarters**  
Cisco Systems (USA) Pte. Ltd.  
Singapore

**Europe Headquarters**  
Cisco Systems International BV  
Amsterdam, The Netherlands

Cisco has more than 200 offices worldwide. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the Cisco Website at [www.cisco.com/go/offices](http://www.cisco.com/go/offices).

CCDE, CCENT, CCSI, Cisco Eos, Cisco HealthPresence, Cisco IronPort, the Cisco logo, Cisco Nurse Connect, Cisco Pulse, Cisco SensorBase, Cisco StackPower, Cisco StadiumVision, Cisco TelePresence, Cisco Unified Computing System, Cisco WebEx, DCE, Flip Channels, Flip for Good, Flip Mino, Flipshare (Design), Flip Ultra, Flip Video, Flip Video (Design), Instant Broadband, and Welcome to the Human Network are trademarks; Changing the Way We Work, Live, Play, and Learn, Cisco Capital, Cisco Capital (Design), Cisco.Financed (Stylized), Cisco Store, Flip Gift Card, and One Million Acts of Green are service marks; and Access Registrar, Aironet, AllTouch, AsyncOS, Bringing the Meeting To You, Catalyst, CCDA, CCDP, CCIE, CCIP, CCNA, CCNP, CCSP, CCVP, Cisco, the Cisco Certified Internetwork Expert logo, Cisco IOS, Cisco Lumin, Cisco Nexus, Cisco Press, Cisco Systems, Cisco Systems Capital, the Cisco Systems logo, Cisco Unity, Collaboration Without Limitation, Continuum, EtherFast, EtherSwitch, Event Center, Explorer, Follow Me Browsing, GainMaker, iLNX, IOS, iPhone, IronPort, the IronPort logo, Laser Link, LightStream, Linksys, MeetingPlace, MeetingPlace Chime Sound, MGX, Networkers, Networking Academy, PCNow, PIX, PowerKEY, PowerPanels, PowerTV, PowerTV (Design), PowerVu, Prisma, ProConnect, ROSA, SenderBase, SMARTnet, Spectrum Expert, StackWise, WebEx, and the WebEx logo are registered trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the United States and certain other countries.

All other trademarks mentioned in this document or website are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (0910R)



## **C.3    Bandejas de fibra óptica**

### **C.3.1    Bandejas de fibra óptica, conectores LC**

La ficha técnica para el modelo de bandeja de fibra óptica con conectores LC empleada es la siguiente:

**BANDEJA DE DISTRIBUCIÓN 1U**

LightMax® ha desarrollado la bandeja de distribución 1U de diseño profesional con el objetivo de facilitar en tiempo y costo las instalaciones de fibra óptica dando versatilidad en la conexión de Planta Externa a la Interna. Su principal función es organizar las fibras.

# BANDEJA DE DISTRIBUCIÓN 1U MULTIMODO - MONOMODO

23

**LightMax®**  
LA MARCA DE LA FIBRA ÓPTICA

## ADMINISTRE SUS ENLACES

Proteja y organice sus empalmes y conexiones de fibra óptica con los accesorios incluidos dentro de las bandejas de distribución. Conectorice con rabillos y adaptadores o la nueva gama MPO de LightMax®.

LightMax®  
Más Seguridad  
Fácil Administración  
Optimización de Tiempo

A SOLO

**48.00€**

No Incluye Placas

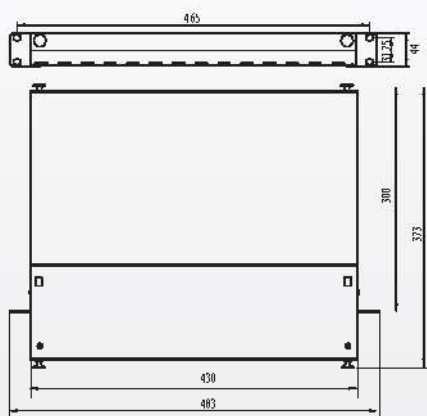
Clave: 36-1U

**BANDEJA DE DISTRIBUCIÓN 1U**

- 1 Capacidad para 2 cassetes de empalme (36 mangas)
- 2 Soportes laterales para instalar en racks de 19" ajustables en profundidad
- 3 Capacidad para 3 placas modulares
- 4 Acero laminado en frío de 16ga
- 5 Acabado en pintura homeada
- 6 Bandeja deslizables para fácil acceso
- 7 Protección frontal y trasera
- 8 Cubiertas abatibles para fácil acceso

Compatible con adaptadores FC, SC, LC, ST.

- Máxima capacidad: 36 puertos
- Largo: 43cm
- Profundidad: 35.5 cm
- Alto: 4.5 cm
- Peso (descargado): 5.1 kg



La Bandeja de Distribución de 1U LightMax®, ofrece una solución para la distribución óptica logrando la terminación e interconexión de las fibras en puntos centrales. Es fabricada en acero laminado en frío calibre 16.

El acabado es con pintura en polvo electrostática homeada color negro. Ocupa 1U y puede ser montada en racks de 19". La cubierta superior facilita el acceso al interior de la bandeja para poder ordenar e identificar las fibras fusionadas. El panel frontal dispone

hasta 24 puertos para los adaptadores ST, FC, SC simplex y LC dúplex Lightmax®. Cuenta con accesorios para ordenar las fibras reduciendo el tiempo y materiales extras usados normalmente en la instalación.

VENTAS@LIGHTMAX.ES

T. 943 637 418

www.lightmax.es

### **C.3.2 Bandejas de fibra óptica, conectores SC**

La ficha técnica para el modelo de bandeja de fibra óptica con conectores SC empleada es la siguiente:



## Bandeja de Distribución 1U

LightMax ha desarrollado la Bandeja de Distribución 1U facilitando en tiempo y costo las instalaciones de fibra óptica dando versatilidad en la conexión de Planta Externa a Planta Interna. Su principal función es organizar las fibras, haciendo más simple la conexión óptica para las redes.

La Bandeja 1U de LightMax, ofrece una amplia solución a sus necesidades de integración, logrando la terminación e interconexión de fibra óptica en puntos centrales. Es fabricado en acero laminado en calibre 16 con un acabado en pintura en polvo electrostática horneada color negro.

En la parte superior de la bandeja, sus cubiertas son abatibles, facilitan el acceso al interior de la bandeja, para poder llegar a los placas modulares, empalmar y dar mantenimiento.

### Características y Ventajas

- Protección frontal y trasera.
- Charola deslizable, facilita el acomodo de las fibras por la parte frontal y el posterior.
- Cubiertas superiores abatibles, facilitan el acceso al interior.
- Slots para 3 placas modulares con una capacidad de hasta 36 puertos
- Soportes laterales para instalarlo en racks de 19" y 23".
- Cuenta con accesorios para ordenar e identificar las fibras.

### Diseño

- 1.- Capacidad para 2 cassettes de empalme (36 tubos protectores de empalme)
- 2.- Soportes laterales para instalar en racks de 19" y 23"
- 3.- Capacidad para 3 placas modulares
- 4.- Acero laminado en frío de 16ga
- 5.- Acabado en pintura horneada
- 6.- Charola deslizable para fácil acceso
- 7.- Protección frontal y trasera
- 8.- Cubiertas abatibles para fácil acceso
- 9.- Accesos laterales para la entrada del cable

### Especificaciones

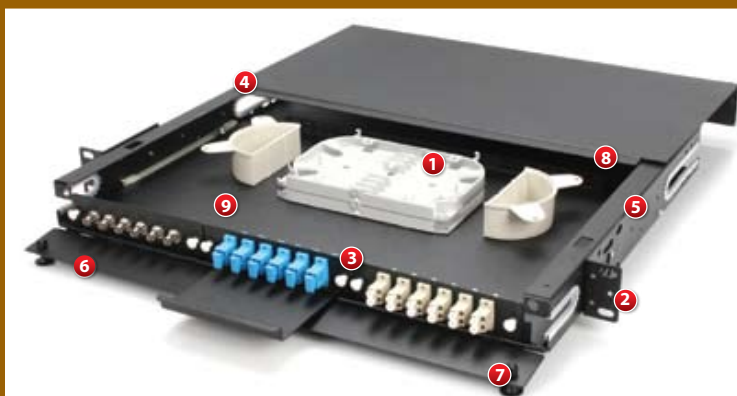
Material	Acero laminado rolo en frío calibre 16		
Acabado	Pintura en polvo electrostática color negro horneada		
Conforme a la norma	EIA-310-D		
Medidas	Largo: 43cm		
	Ancho: 35.5cm		
	Alto: 4.5cm.		
Placas modulares	Capacidad de placas en la bandeja		3
	Capacidad máxima de puertos		36
Adaptadores en la placa modular	Adaptador	Capacidad	Capacidad de puertos
	FC MM/SM	8 ó 12	8 ó 12
	ST MM/SM	8 ó 12	8 ó 12
	SC SX MM/SM	6	6
	LC DX MM/SM	6	12

Cuenta con charola deslizable, la cual ofrece un diseño que facilita el acceso al interior del distribuidor para poder ordenar e identificar las fibras fusionadas. Tienen alto desempeño y calidad en los ensambles de los paneles y acopladores, disponibles en cualquier combinación.

Las 3 placas modulares con una capacidad de hasta 36 puertos, pueden ser configurados en cualquier combinación disponible, cuenta con accesorios para ordenar e identificar las fibras, de esta manera se reduce el tiempo y materiales usados normalmente en una instalación.

Posibilita la configuración con diferentes tipos de terminales ópticas, los compartimientos de empalmes y de conexión quedan dentro de la bandeja dando protección y seguridad al sistema óptico.

### Diseño



## **C.4    Bandejas de canalización**

La ficha técnica para el modelo de canaleta empleada para la instalación del cableado por el interior de las oficinas es la siguiente:

## Ficha Técnica para Bandejas 66 en U23X

### CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE BANDEJAS

Materia prima bandejas, tapas, soportes y accesorios		<b>U23X</b>
<b>Cumplimiento Directiva RoHS</b>	<b>2002/95/EC</b>	<b>Conforme</b> 
Temperatura de servicio	EN 61537:2007	-20 °C a + 60 °C
Protección contra daños mecánicos		20 J a -20°C (excepto 60x100:10J y 60x75: 5J)
Ensayo del hilo incandescente		Grado de severidad 960 °C
Marcas de calidad		Certificación N, NF y VDE para el conjunto de dimensiones   
Contenido silicona		Sin silicona

Alto x Ancho (mm.)	Carga Admisible (Kg/m)	Condiciones del ensayo s/ EN 61537:2007
60 x 75	7,9	<ul style="list-style-type: none"> <li>T<sup>a</sup> = 40 °C; Distancia entre soportes 1,5 m</li> <li>T<sup>a</sup> = 60 °C; Distancia entre soportes 1 m</li> <li>Flecha longitudinal inferior al 1% y transversal inferior al 5%</li> <li>Ensayo <b>Tipo I</b> (La unión entre dos tramos de bandeja puede quedar situada en cualquier posición entre dos soportes).</li> <li>El sistema de bandejas (bandejas y soportes) deberá soportar sin rotura una carga de 1,7 veces la carga admisible.</li> </ul>
60 x 100	10,8	
60 x 150	16,6	
60 x 200	22,5	
60 x 300	33,7	
60 x 400	45,6	
100 x 200	37,6	
100 x 300	57,3	
100 x 400	77,2	
100 x 500	96,6	
100 x 600	116,5	

### CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE BANDEJAS CON CUBIERTA

Temperatura de servicio	UNE EN 50085-1:1997	-25°C a +60°C
Retención de la tapa		Abrible sólo con útil
Propiedades eléctricas		Aislante
Protección contra daños mecánicos		Muy fuertes (20J) *
Resistencia a la propagación de la llama		No propagador de la llama
Protección contra la penetración de cuerpos sólidos		IP2X (Perforadas) – IP3X (Lisas)
Protección contra daños mecánicos		IK10 (con anclaje tapa IK10)

\* para anchura igual o superior a 150 mm

### CARACTERÍSTICAS DE MATERIA PRIMA U23X

Rigidez dieléctrica	UNE EN 60243-1:1998	<b>Aislante eléctrico = 18±4 kV/mm</b>
Reacción al fuego	UNE 23727:1990	<b>M1</b> (No inflamable)
Ensayos de inflamabilidad UL de materiales plásticos	ANSI/UL94:1990	Grado UL94: <b>V0</b>
Índice de Oxígeno L.O.I.	ISO 4589:1996	(concentración %) = <b>52 ± 5</b>

## Ficha Técnica para Bandejas 66 en U23X

### CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y FUNCIONALES

	Bandejas y cubiertas conformadas por extrusión de alta calidad con paredes macizas
	Unión entre tramos de espesor igual o superior al de las bandejas a unir
	Las uniones poseen taladros longitudinales para absorber dilataciones
	Sistema resistente a los ambientes húmedos, salinos y químicamente agresivos s/ DIN 8061 y ISO/TR 10358
	Buen comportamiento a rayos UV e intemperie
	La bandeja será aislante y no precisará de puesta a tierra
	Los soportes horizontales deberán cumplir la norma EN 61537:2007 y soportar como mínimo las cargas máximas de las bandejas que soportan
	El producto deberá estar embalado y claramente identificado

### NORMATIVA DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO

	Marcado CE de acuerdo a la Directiva 2006/95/CE: conformidad con la norma EN 61537:2001
	Conformidad con el RBT (EN 50085-1)

## **C.5 Conectores SFP**

La ficha técnica en la que se recoge información de los equipos activos de red que soportan conectores SFP, así como qué tipos de conectores soportan, se puede ver a continuación.





# Cisco 10-Gigabit Ethernet Transceiver Modules Compatibility Matrix

---

**Revised: April 24, 2012**



**Note**

For the clearest readability of these tables, please use the PDF version provided in the upper right side of your browser screen. The HTML version may have confusing alignment of table data.

---



**Note**

Requirements and procedures for initial configurations and software upgrades tend to change and therefore appear only in the switch or router software release notes. Before installing, configuring, or upgrading a switch, refer to the product release notes on Cisco.com for the latest information. This matrix does not replace or supercede the release notes.

---

This publication lists the Cisco platforms and minimum required software versions to support 10-Gigabit Ethernet transceiver modules. [Table 1](#) lists the model numbers and operating wavelengths for the 10-Gigabit Ethernet transceiver modules. The other tables are as follows:

- [Table 2, Router Support and Minimum Software Release Requirements](#)
- [Table 3, Data Center and Blade Switching Minimum Software Release Requirements](#)
- [Table 4, Catalyst 2960, 3560, and 3750 Switch Support and Minimum Software Release Requirements](#)
- [Table 5, Catalyst 4XXX Switch Support and Minimum Software Release Requirements](#)
- [Table 6, Catalyst 6XXX Switch Support and Minimum Software Release Requirements](#)
- [Table 7, Metro Ethernet Support and Minimum Software Requirements](#)



---

**Americas Headquarters:**  
**Cisco Systems, Inc., 170 West Tasman Drive, San Jose, CA 95134-1706 USA**

© 2004–2012 Cisco Systems, Inc. All rights reserved.

**Table 1**      **10-Gigabit Ethernet Transceiver Module Models**

<b>Model Number</b>	<b>Transceiver Description</b>
<b>SFP+ Transceivers</b>	
SFP-10G-SR=	10GBASE-SR SFP+ transceiver module for MMF, 850-nm wavelength, LC duplex connector
SFP-10G-LRM=	10GBASE-LRM SFP+ transceiver module for MMF and SMF, 1310-nm wavelength, LC duplex connector
SFP-10G-LR=	10GBASE-LR SFP+ transceiver module for SMF, 1310-nm wavelength, LC duplex connector
SFP-10G-ER=	10GBASE-ER SFP+ transceiver module for SMF, 1550-nm, LC duplex connector
SFP-10G-ZR=	10GBASE-ZR SFP+ transceiver module for SMF, 1550-nm, LC duplex connector
SFP-H10GB-CU1M=	1-m 10G SFP+ Twinax cable assembly, passive
SFP-H10GB-CU3M=	3-m 10G SFP+ Twinax cable assembly, passive
SFP-H10GB-CU5M=	5-m 10G SFP+ Twinax cable assembly, passive
SFP-H10GB-ACU7M=	7-m 10G SFP+ Twinax cable assembly, active
SFP-H10GB-ACU10M=	10-m 10G SFP+ Twinax cable assembly, active
FET-10G	Cisco 10G Fabric Extender Transceiver, LC duplex connector
<b>XENPAK Transceivers</b>	
XENPAK-10GB-ER=	10GBASE-ER XENPAK transceiver module for SMF, 1550-nm wavelength, SC duplex connector
XENPAK-10GB-ER+=	10GBASE-ER XENPAK transceiver module for SMF, 1550-nm wavelength, SC duplex connector (supports DOM)
XENPAK-10GB-LR=	10GBASE-LR XENPAK transceiver module for SMF, 1310-nm wavelength, SC duplex connector
XENPAK-10GB-LR+=	10GBASE-LR XENPAK transceiver module for SMF, 1310-nm wavelength, SC duplex connector (supports DOM)
XENPAK-10GB-LRM=	10GBASE-LRM XENPAK transceiver module for MMF, 1310-nm wavelength, SC duplex connector
XENPAK-10GB-LW=	10GBASE-LW XENPAK transceiver module for SMF, 1310-nm wavelength, SC duplex connector
XENPAK-10GB-LX4=	10GBASE-LX4 XENPAK transceiver module for MMF, 1310-nm wavelength, SC duplex connector
XENPAK-10GB-SR=	10GBASE-SR XENPAK transceiver module for MMF, 850-nm wavelength, SC duplex connector
XENPAK-10GB-CX4=	10GBASE-CX4 XENPAK transceiver module for CX4 cable, copper, InfiniBand 4X connector
XENPAK-10GB-ZR=	10GBASE-ZR XENPAK transceiver module for SMF, 1550-nm wavelength, SC duplex connector

**Table 1**      **10-Gigabit Ethernet Transceiver Module Models (continued)**

Model Number	Transceiver Description
<b>DWDM XENPAK Transceivers</b>	
DWDM-XENPAK-60.61=	10GBASE-DWDM 1560.61 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-59.79=	10GBASE-DWDM 1559.79 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-58.98=	10GBASE-DWDM 1558.98 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-58.17=	10GBASE-DWDM 1558.17 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-56.55=	10GBASE-DWDM 1556.55 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-55.75=	10GBASE-DWDM 1555.75 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-54.94=	10GBASE-DWDM 1554.94 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-54.13=	10GBASE-DWDM 1554.13 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-52.52=	10GBASE-DWDM 1552.52 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-51.72=	10GBASE-DWDM 1551.72 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-50.92=	10GBASE-DWDM 1550.92 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-50.12=	10GBASE-DWDM 1550.12 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-48.51=	10GBASE-DWDM 1548.51 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-47.72=	10GBASE-DWDM 1547.72 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-46.92=	10GBASE-DWDM 1546.92 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-46.12=	10GBASE-DWDM 1546.12 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-44.53=	10GBASE-DWDM 1544.53 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-43.73=	10GBASE-DWDM 1543.73 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-42.94=	10GBASE-DWDM 1542.94 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-42.14=	10GBASE-DWDM 1542.14 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-40.56=	10GBASE-DWDM 1540.56 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-39.77=	10GBASE-DWDM 1539.77 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-38.98=	10GBASE-DWDM 1538.98 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-38.19=	10GBASE-DWDM 1538.19 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-36.61=	10GBASE-DWDM 1536.61 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-35.82=	10GBASE-DWDM 1535.82 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-35.04=	10GBASE-DWDM 1535.04 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-34.25=	10GBASE-DWDM 1534.25 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-32.68=	10GBASE-DWDM 1532.68 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-31.90=	10GBASE-DWDM 1531.90 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-31.12=	10GBASE-DWDM 1531.12 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)
DWDM-XENPAK-30.33=	10GBASE-DWDM 1530.33 nm XENPAK (100-GHz ITU grid)

**Table 1**                      **10-Gigabit Ethernet Transceiver Module Models (continued)**

<b>Model Number</b>	<b>Transceiver Description</b>
<b>X2 Transceivers</b>	
X2-10GB-LR=	10GBASE-LR X2 transceiver module for SMF, 1310-nm wavelength, SC duplex connector
X2-10GB-ER=	10GBASE-ER X2 transceiver module for SMF, 1550-nm wavelength, SC duplex connector
X2-10GB-ZR=	10GBASE-ZR X2 transceiver module for SMF, 1550-nm wavelength, SC duplex connector
X2-10GB-SR=	10GBASE-SR X2 transceiver module for MMF, 850-nm wavelength, SC duplex connector
X2-10GB-CX4=	10GBASE-CX4 X2 transceiver module for CX4 cable, copper, InfiniBand 4X connector
X2-10GB-LX4=	10GBASE-LX4 X2 transceiver module for MMF, 1310-nm wavelength, SC duplex connector
X2-10GB-LRM=	10GBASE-LRM X2 transceiver module for MMF, 1310-nm wavelength, SC duplex connector
X2-10GB-T	10GBASE-T X2 transceiver module for CAT6A/CAT7 cable, copper, RJ-45 connector
<b>DWDM X2 Transceivers</b>	
DWDM-X2-60.61=	10GBASE-DWDM 1560.61 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-59.79=	10GBASE-DWDM 1559.79 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-58.98=	10GBASE-DWDM 1558.98 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-58.17=	10GBASE-DWDM 1558.17 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-56.55=	10GBASE-DWDM 1556.55 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-55.75=	10GBASE-DWDM 1555.75 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-54.94=	10GBASE-DWDM 1554.94 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-54.13=	10GBASE-DWDM 1554.13 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-52.52=	10GBASE-DWDM 1552.52 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-51.72=	10GBASE-DWDM 1551.72 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-50.92=	10GBASE-DWDM 1550.92 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-50.12=	10GBASE-DWDM 1550.12 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-48.51=	10GBASE-DWDM 1548.51 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-47.72=	10GBASE-DWDM 1547.72 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-46.92=	10GBASE-DWDM 1546.92 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-46.12=	10GBASE-DWDM 1546.12 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-44.53=	10GBASE-DWDM 1544.53 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-43.73=	10GBASE-DWDM 1543.73 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-42.94=	10GBASE-DWDM 1542.94 nm X2 (100-GHz ITU grid)

**Table 1**      **10-Gigabit Ethernet Transceiver Module Models (continued)**

Model Number	Transceiver Description
<b>DWDM X2 Transceivers (continued)</b>	
DWDM-X2-42.14=	10GBASE-DWDM 1542.14 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-40.56=	10GBASE-DWDM 1540.56 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-39.77=	10GBASE-DWDM 1539.77 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-38.98=	10GBASE-DWDM 1538.98 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-38.19=	10GBASE-DWDM 1538.19 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-36.61=	10GBASE-DWDM 1536.61 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-35.82=	10GBASE-DWDM 1535.82 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-35.04=	10GBASE-DWDM 1535.04 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-34.25=	10GBASE-DWDM 1534.25 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-32.68=	10GBASE-DWDM 1532.68 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-31.90=	10GBASE-DWDM 1531.90 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-31.12=	10GBASE-DWDM 1531.12 nm X2 (100-GHz ITU grid)
DWDM-X2-30.33=	10GBASE-DWDM 1530.33 nm X2 (100-GHz ITU grid)
<b>XFP Transceivers</b>	
XFP-10GLR-OC192SR=	Cisco multirate XFP transceiver module for 10GBASE-LR Ethernet and OC-192/STM-64 short-reach (SR-1) Packet-over-SONET/SDH (POS) applications, SMF, dual LC connector
XFP10GLR-192SR-L=	Cisco multirate XFP transceiver module for 10GBASE-LR Ethernet and OC-192/STM-64 short-reach (SR-1) Packet-over-SONET/SDH (POS) applications, SMF, dual LC connector, low power
XFP-10GER-OC192IR=	Cisco multirate XFP transceiver module for 10GBASE-ER Ethernet and OC-192/STM-64 intermediate-reach (IR-2) Packet-over-SONET/SDH (POS) applications, SMF, dual LC connector
XFP-10GER-192IR+=	Cisco multirate XFP transceiver module for 10GBASE-ER Ethernet and OC-192/STM-64 intermediate-reach (IR-2) Packet-over-SONET/SDH (POS) applications, SMF, dual LC connector
XFP10GER-192IR-L=	Cisco multirate XFP transceiver module for 10GBAS-ER Ethernet and OC-192/STM-64intermediate-reach (IR-2) Packet-over-SONET/SDH (POS) applications, SMF, dual LC connector
XFP-10GZR-OC192LR=	Cisco multirate XFP transceiver module for 10GBASE-ZR Ethernet and OC-192/STM-64 long-reach Packet-over-SONET/SDH (POS) applications, SMF, dual LC connector
XFP-10G-MM-SR=	Cisco 10GBASE-SR Ethernet XFP transceiver module for MMF, dual LC connector

**Table 1**                      **10-Gigabit Ethernet Transceiver Module Models (continued)**

Model Number	Transceiver Description
<b>XFP Transceivers (continued)</b>	
XFP10GLR192SR-RGD	Cisco multirate XFP transceiver module for 10GBASE-LR Ethernet and OC-192/STM-64 short-reach (SR-1) Packet-over-SONET/SDH (POS) applications, SMF, dual LC connector, industrial temperature range
XFP10GER192IR-RGD	Cisco multirate XFP transceiver module for 10GBASE-ER Ethernet and OC-192/STM-64 intermediate-reach (IR-2) Packet-over-SONET/SDH (POS) applications, SMF, dual LC connector, industrial temperature range
XFP10GZR192LR-RGD	Cisco multirate XFP transceiver module for 10GBASE-ZR Ethernet and OC-192/STM-64 long-reach Packet-over-SONET/SDH (POS) applications, SMF, dual LC connector, industrial temperature range
<b>DWDM XFP Transceivers</b>	
DWDM-XFP-60.61=	10GBASE-DWDM 1560.61 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-59.79=	10GBASE-DWDM 1559.79 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-58.98=	10GBASE-DWDM 1558.98 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-58.17=	10GBASE-DWDM 1558.17 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-56.55=	10GBASE-DWDM 1556.55 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-55.75=	10GBASE-DWDM 1555.75 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-54.94=	10GBASE-DWDM 1554.94 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-54.13=	10GBASE-DWDM 1554.13 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-52.52=	10GBASE-DWDM 1552.52 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-51.72=	10GBASE-DWDM 1551.72 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-50.92=	10GBASE-DWDM 1550.92 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-50.12=	10GBASE-DWDM 1550.12 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-48.51=	10GBASE-DWDM 1548.51 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-47.72=	10GBASE-DWDM 1547.72 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-46.92=	10GBASE-DWDM 1546.92 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-46.12=	10GBASE-DWDM 1546.12 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-44.53=	10GBASE-DWDM 1544.53 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-43.73=	10GBASE-DWDM 1543.73 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-42.94=	10GBASE-DWDM 1542.94 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-42.14=	10GBASE-DWDM 1542.14 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-40.56=	10GBASE-DWDM 1540.56 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-39.77=	10GBASE-DWDM 1539.77 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-38.98=	10GBASE-DWDM 1538.98 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-38.19=	10GBASE-DWDM 1538.19 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-36.61=	10GBASE-DWDM 1536.61 nm XFP (100-GHz ITU grid)

**Table 1 10-Gigabit Ethernet Transceiver Module Models (continued)**

Model Number	Transceiver Description
<b>DWDM XFP Transceivers (continued)</b>	
DWDM-XFP-35.82=	10GBASE-DWDM 1535.82 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-35.04=	10GBASE-DWDM 1535.04 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-34.25=	10GBASE-DWDM 1534.25 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-32.68=	10GBASE-DWDM 1532.68 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-31.90=	10GBASE-DWDM 1531.90 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-31.12=	10GBASE-DWDM 1531.12 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-30.33=	10GBASE-DWDM 1530.33 nm XFP (100-GHz ITU grid)
DWDM-XFP-C=	10GBASE-DWDM Tuneable XFP (50-GHz ITU grid)

Table 2 to Table 6 list the Cisco platforms that support the 10-Gigabit Ethernet transceiver modules and the minimum software requirements.

**Table 2 Router Support and Minimum Software Release Requirements**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required	
			DOM Support	Cisco IOS Release
CRS Router	8-10GBE	CRS-XENPAK10GB-LR	—	XR 3.0
		XENPAK-10GB-LR+	XR 3.3.3	XR 3.3.3
		XENPAK-10GB-ER	—	XR 3.2.2
		DWDM XENPAK	XR 3.0	XR 3.0
	4-10GE	XENPAK-10GB-LR+ XENPAK-10GB-ER+ DWDM XENPAK	XR 3.8.1	XR 3.8.1
	2-10GE-WL-FLEX	XFP-10G-MM-SR XFP-10GLR-OC192SR XFP-10GER-192IR+ XFP-10GZR-OC192LR DWDM XFP	XR 3.8.1	XR 3.8.1
	4-10GBE-WL-XFP 8-10GBE-WL-XFP	XFP10GLR-192SR-L XFP10GER-192IR-L	XR 3.8.4, 3.9.1	XR 3.8.4, 3.9.1
		XFP-10G-MM-SR <sup>2</sup> XFP-10GZR-OC192LR <sup>1</sup> DWDM XFP <sup>2</sup>	XR 4.0.1	XR 4.0.1
	14X10GBE-WL-XFP 20X10GBE-WL-XFP	XFP10GLR-192SR-L XFP10GER-192IR-L	XR 4.0	XR 4.0
		XFP-10G-MM-SR <sup>2</sup> XFP-10GZR-OC192LR <sup>1</sup> DWDM XFP <sup>2</sup>	XR 4.0.1	XR 4.0.1

**Table 2 Router Support and Minimum Software Release Requirements (continued)**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required	
			DOM Support	Cisco IOS Release
Cisco Shared Port Adapter (SPA)	SPA-OC192POS-XFP SPA-1X10GE-WL-V2 SPA-1XTENGE-XFP SPA-1X10GE-L-V2	XFP-10G-MM-SR XFP-10GLR-OC192SR XFP10GLR-192SR-L XFP-10GER-OC192IR XFP-10GER-192IR+ XFP10GER-192IR-L XFP-10GZR-OC192LR DWDM XFP	SPA software support is determined by the platform on which the SPA is installed. Refer to the SPA release notes for the correct software release.	
ASR 9000 Series Router	A9K-4T-B A9K-4T-E A9K-8T/4-E A9K-8T/4-B	XFP-10G-MM-SR XFP-10GLR-OC192SR <sup>1</sup> XFP-10GER-192IR+ XFP-10GZR-OC192LR <sup>2</sup> DWDM XFP DWDM-XFP-C	XR 3.7.3     XR 4.0.1	XR 3.7.3     XR 4.0.1
	A9K-2T20GE-B A9K-2T20GE-E A9K-4T-L A9K-8T/4-L A9K-8T-L A9K-8T-E	XFP-10G-MM-SR XFP-10GLR-OC192SR <sup>1</sup> XFP-10GER-192IR+ XFP-10GZR-OC192LR <sup>2</sup> DWDM XFP DWDM-XFP-C	XR 3.9.0     XR 4.0.1	XR 3.9.0     XR 4.0.1
	A9K-8T-B	XFP-10G-MM-SR XFP-10GLR-OC192SR <sup>1</sup> XFP-10GER-192IR+ XFP-10GZR-OC192LR <sup>2</sup> DWDM XFP DWDM-XFP-C	XR 3.9.1     XR 4.0.1	XR 3.9.1     XR 4.0.1
	A9K-SIP-700 with SPA-OC192POS-XFP	XFP-10GLR-OC192SR <sup>1</sup> XFP-10GER-192IR+ XFP-10GZR-OC192LR <sup>2</sup> DWDM XFP DWDM-XFP-C	XR 4.0.0     XR 4.0.1	XR 4.0.0     XR 4.0.1
	A9K-16T/8-B	SFP-10G-SR SFP-10G-LR SFP-10G-ER	XR 3.9.1	XR 3.9.1
	A9K-24X10GE-SE A9K-24X10GE-TR	SFP-10G-SR SFP-10G-LR SFP-10G-ER	XR 4.2.0	XR 4.2.0
	A9K-MPA-4x10GE	XFP-10GLR-OC192SR <sup>1</sup> XFP-10GER-192IR+ XFP-10GZR-OC192LR <sup>2</sup> DWDM XFP DWDM-XFP-C	XR 4.2.0	XR 4.2.0



**Table 2 Router Support and Minimum Software Release Requirements (continued)**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required	
			DOM Support	Cisco IOS Release
Cisco ASR 903 Series	A900-IMA1X	XFP10GLR192SR-RGD XFP10GER192IR-RGD XFP10GZR192LR-RGD XFP-10G-MM-SR XFP10GLR-192SR-L XFP10GER-192IR-L XFP-10GZR-OC192LR DWDM-XFP-C	XE 3.5.0S	XE 3.5.0S
Cisco SCE 8000	SCE8000-2X10GE-E SCE8000-4X10GE-E	XFP-10G-MM-SR XFP-10GLR-OC192SR XFP-10GER-OC192SR XFP-10GZR-OC192LR DWDM XFP	SCS 3.1.6	SCS 3.1.6
Cisco 7600 Series Router	7600-ES20-10G3C 7600-ES20-10G3CXL	XFP-10GLR-OC192SR XFP-10GER-OC192IR	12.2(33)SRB	12.2(33)SRB
		XFP-10GZR-OC192LR	12.2(33)SRB1	12.2(33)SRB1
		DWDM XFP	12.2(33)SRB3	12.2(33)SRB3
		XFP-10GER-192IR+	12.2(33)SRD	12.2(33)SRD
		XFP-10G-MM-SR	12.2(33)SRE1	12.2(33)SRE1
	7600-ES+2TG3C 7600-ES+2TG3CXL 7600-ES+4TG3C 7600-ES+4TG3CXL	XFP-10GLR-OC192SR XFP-10GER-192IR+ XFP-10GZR-OC192LR DWDM XFP	12.2(33)SRD	12.2(33)SRD
		XFP-10G-MM-SR	12.2(33)SRE1	12.2(33)SRE1
		DWDM-XFP-C	15.0(1)S	15.0(1)S
	76-ES+XT-2TG3C 76-ES+XT-2TG3CXL 76-ES+XT-4TG3C 76-ES+XT-4TG3CXL	XFP-10GLR-OC192SR XFP-10GER-192IR+ XFP-10GZR-OC192LR DWDM XFP	12.2(33)SRD1	12.2(33)SRD1
		XFP-10G-MM-SR	12.2(33)SRE1	12.2(33)SRE1
		DWDM-XFP-C	15.0(1)S	15.0(1)S
	76-ES+T-2TG 76-ES+T-4TG	XFP-10GLR-OC192SR XFP-10GER-192IR+ XFP-10GZR-OC192LR DWDM XFP	12.2(33)SRD3	12.2(33)SRD3
		XFP-10G-MM-SR	12.2(33)SRE1	12.2(33)SRE1
		DWDM-XFP-C	15.0(1)S	15.0(1)S

**Table 2 Router Support and Minimum Software Release Requirements (continued)**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required	
			DOM Support	Cisco IOS Release
Cisco 7600 Series Router (continued)	76-ES+XC-20G3C 76-ES+XC-20G3CXL 76-ES+XC-40G3C 76-ES+XC-40G3CXL	XFP-10GLR-OC192SR	12.2(33)SRE	12.2(33)SRE
		XFP-10GER-192IR+		
		XFP-10GZR-OC192LR		
	76-ES+XC-40G3CXL	DWDM XFP		
		XFP-10G-MM-SR	12.2(33)SRE1	12.2(33)SRE1
		DWDM-XFP-C	15.0(1)S	15.0(1)S
	WS-X6708-10G-3C WS-X6708-10G-3CXL RSP720-10GE	X2-10GB-CX4	—	12.2(33)SRC
		X2-10GB-LX4		
		X2-10GB-LR	12.2(33)SRD2	12.2(33)SRC
		X2-10GB-SR		
		X2-10GB-ER		
	WS-SUP32-10GB-3B	X2-10GB-LRM	12.2(33)SRE	12.2(33)SRE
		X2-10GB-ZR		
		DWDM X2		
		XENPAK-10GB-CX4	—	12.2(33)SRA
		XENPAK-10GB-LX4		
	WS-X6704-10GE	XENPAK-10GB-SR		
		XENPAK-10GB-LR		
		XENPAK-10GB-ER		
		XENPAK-10GB-LR+	12.2(33)SRA	12.2(33)SRA
		XENPAK-10GB-ER+		
	WS-X6704-10GE	XENPAK-10GB-ZR		
		DWDM XENPAK		
		XENPAK-10GB-CX4	—	12.2(33)SRA
		XENPAK-10GB-LX4		
		XENPAK-10GB-SR		
	RFGW-X4516-10GE	XENPAK-10GB-LR		
		XENPAK-10GB-ER		
		XENPAK-10GB-LW	12.2(33)SRA	12.2(33)SRA
		XENPAK-10GB-LR+		
		XENPAK-10GB-ER+		
	Cisco RF Gateway Series	X2-10GB-SR	12.2(44)SQ	12.2(44)SQ
		X2-10GB-LR		

1. Only version -03 or later is supported.

2. Only version -02 or later is supported.

**Table 3 Data Center and Blade Switching Minimum Software Release Requirements**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required	
			DOM Support	Cisco IOS or NX-OS Release
Cisco Catalyst 2350 Series	2350-48TD-S 2350-48TD-SD	X2-10GB-CX4 X2-10GB-SR X2-10GB-LRM	—	12.2(46)EY
Cisco Catalyst 2360 Series	2360-48TD-S	SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup> SFP-10G-SR SFP-10G-LRM SFP-10G-LR	—	12.2(53)EY
Cisco Catalyst 3100 Blade Switches	WS-CBS-3110X-S-I	X2-10GB-CX4 X2-10GB-SR X2-10GB-LX4	—	12.2(40)EX1
		X2-10GB-LRM X2-10GB-LR	—	12.2(46)SE
	WS-CBS-3120X-S WS-CBS-3130X-S	X2-10GB-CX4 X2-10GB-SR X2-10GB-LRM	—	12.2(40)EX3
		X2-10GB-LX4 X2-10GB-LR	—	12.2(46)SE
	WS-CBS-3110X-S-I WS-CBS-3120X-S WS-CBS-3130X-S (With CVR-X2-SFP10G converter for X2 ports)	SFP-10G-SR SFP-10G-LR SFP-10G-LRM	—	12.2(55)SE1
		SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>		

**Table 3 Data Center and Blade Switching Minimum Software Release Requirements (continued)**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required	
			DOM Support	Cisco IOS or NX-OS Release
Cisco Nexus 2000 Series	N2K-C2148T-1GE	SFP-10G-SR SFP-10G-LR	NX-OS 4.0(1a)N2(1)	NX-OS 4.0(1a)N2(1)
		SFP-H10GB-CU1M SFP-H10GB-CU3M SFP-H10GB-CU5M	—	NX-OS 4.0(1a)N2(1)
		SFP-H10GB-ACU7M SFP-H10GB-ACU10M	—	NX-OS 4.2(1)N2(1)
	N2K-C2248TP-1GE N2K-C2232PP-10GE	SFP-10G-SR SFP-10G-LR FET-10G <sup>2</sup>	NX-OS 4.2(1)N1(1)	NX-OS 4.2(1)N1(1)
		SFP-H10GB-CU1M SFP-H10GB-CU3M SFP-H10GB-CU5M	—	NX-OS 4.2(1)N1(1)
		SFP-H10GB-ACU7M SFP-H10GB-ACU10M	—	NX-OS 4.2(1)N2(1)
	N2K-C2224TP-1GE	SFP-10G-SR SFP-10G-LR FET-10G <sup>2</sup>	NX-OS 4.2(1)N2(1)	NX-OS 4.2(1)N2(1)
		SFP-H10GB-CU1M SFP-H10GB-CU3M SFP-H10GB-CU5M SFP-H10GB-ACU7M SFP-H10GB-ACU10M	—	NX-OS 4.2(1)N2(1)
Cisco Nexus 3000 Series	N3K-C3064PQ	SFP-10G-SR SFP-10G-LR	NX-OS 5.0(3)U1(1d)	NX-OS 5.0(3)U1(1d)
		SFP-H10GB-CU1M SFP-H10GB-CU3M SFP-H10GB-CU5M	—	NX-OS 5.0(3)U1(1d)
		SFP-10G-ER	NX-OS 5.0(3)U2(2c)	NX-OS 5.0(3)U2(2c)
	N3K-C3064PQ-10GE	SFP-10G-SR SFP-10G-LR	NX-OS 5.0(3)U1(2)	NX-OS 5.0(3)U1(2)
		SFP-H10GB-CU1M SFP-H10GB-CU3M SFP-H10GB-CU5M	—	NX-OS 5.0(3)U1(2)
		SFP-10G-ER	NX-OS 5.0(3)U2(2c)	NX-OS 5.0(3)U2(2c)

**Table 3**      **Data Center and Blade Switching Minimum Software Release Requirements (continued)**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required	
			DOM Support	Cisco IOS or NX-OS Release
Cisco Nexus 3000 Series (continued)	N3K-C3064PQ-10GX	SFP-10G-SR SFP-10G-LR SFP-10G-ER	NX-OS 5.0(3)U3(1)	NX-OS 5.0(3)U3(1)
		SFP-H10GB-CU1M SFP-H10GB-CU3M SFP-H10GB-CU5M	—	NX-OS 5.0(3)U3(1)
	N3K-C3048TP-1GE	SFP-10G-SR SFP-10G-LR	NX-OS 5.0(3)U2(2b)	NX-OS 5.0(3)U2(2b)
		SFP-H10GB-CU1M SFP-H10GB-CU3M SFP-H10GB-CU5M	—	NX-OS 5.0(3)U2(2b)
Cisco Nexus 4000 Series	N4K-4001I-XPX	SFP-10G-SR SFP-10G-LR	NX-OS 4.1(2)E1(1)	NX-OS 4.1(2)E1(1)
		SFP-H10GB-CU1M SFP-H10GB-CU3M SFP-H10GB-CU5M	—	NX-OS 4.1(2)E1(1)

**Table 3 Data Center and Blade Switching Minimum Software Release Requirements (continued)**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required	
			DOM Support	Cisco IOS or NX-OS Release
Cisco Nexus 5000 Series	N5K-C5020P-BF N5K-M1600 N5K-M1404	SFP-10G-SR	NX-OS 4.0(0)N1(1)	NX-OS 4.0(0)N1(1)
		SFP-H10GB-CU1M	—	NX-OS 4.0(0)N1(1)
		SFP-H10GB-CU3M		
		SFP-H10GB-CU5M		
		SFP-10G-LR	NX-OS 4.0(1a)N1(1)	NX-OS 4.0(1a)N1(1)
		SFP-H10GB-ACU7M	—	NX-OS 4.2(1)N2(1)
		SFP-H10GB-ACU10M		
		FET-10G <sup>2</sup>	NX-OS 4.2(1)N1(1)	NX-OS 4.2(1)N1(1)
	N5K-C5010P-BF	SFP-10G-SR	NX-OS 4.0(1a)N1(1)	NX-OS 4.0(1a)N1(1)
		SFP-10G-LR		
		SFP-H10GB-CU1M	—	NX-OS 4.0(1a)N1(1)
		SFP-H10GB-CU3M		
		SFP-H10GB-CU5M		
		SFP-H10GB-ACU7M	—	NX-OS 4.2(1)N2(1)
		SFP-H10GB-ACU10M		
		FET-10G <sup>2</sup>	NX-OS 4.2(1)N1(1)	NX-OS 4.2(1)N1(1)
	N5K-C5548P-FA N55-M16P N55-M8P8FP	SFP-10G-SR	NX-OS 5.0(2)N1(1)	NX-OS 5.0(2)N1(1)
		SFP-10G-LR		
		SFP-H10GB-CU1M	—	NX-OS 5.0(2)N1(1)
		SFP-H10GB-CU3M		
		SFP-H10GB-CU5M		
		SFP-H10GB-ACU7M		
		SFP-H10GB-ACU10M		
		FET-10G <sup>2</sup>	NX-OS 5.0(2)N1(1)	NX-OS 5.0(2)N1(1)
	N5K-C5548P-FA N55-M16UP	SFP-10G-SR	NX-OS 5.0(3)N1(1B)	NX-OS 5.0(3)N1(1B)
		SFP-10G-LR		
		FET-10G <sup>2</sup>		
		SFP-H10GB-CU1M	—	NX-OS 5.0(3)N1(1B)
		SFP-H10GB-CU3M		
		SFP-H10GB-CU5M		
		SFP-H10GB-ACU7M		
		SFP-H10GB-ACU10M		
	N5K-C5548UP-FA N5K-C5596UP-FA N55-M16UP N55-M16P N55-M8P8FP	SFP-10G-SR	NX-OS 5.0(3)N1(1B)	NX-OS 5.0(3)N1(1B)
		SFP-10G-LR		
		FET-10G <sup>2</sup>		
		SFP-H10GB-CU1M	—	NX-OS 5.0(3)N1(1B)
		SFP-H10GB-CU3M		
		SFP-H10GB-CU5M		
		SFP-H10GB-ACU7M		
		SFP-H10GB-ACU10M		

**Table 3 Data Center and Blade Switching Minimum Software Release Requirements (continued)**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required	
			DOM Support	Cisco IOS or NX-OS Release
Cisco Unified Computing System	N10-S6100 N10-E0440 N10-E0600 N20-I6584	SFP-10G-SR	UCS Manager v1.0(1)	UCS Manager v1.0(1)
		SFP-10G-LR	—	UCS Manager v1.0(1)
		SFP-H10GB-CU1M	—	UCS Manager v1.0(1)
		SFP-H10GB-CU3M	—	UCS Manager v1.0(1)
		SFP-H10GB-CU5M	—	UCS Manager v1.0(1)
	N10-S6200 N10-E0440 N10-E0600 N20-I6584	SFP-H10GB-ACU7M	—	UCS Manager v1.4(2)
		SFP-H10GB-ACU10M	—	UCS Manager v1.4(2)
		SFP-10G-SR	UCS Manager v1.1(1)	UCS Manager v1.1(1)
		SFP-10G-LR	—	UCS Manager v1.1(1)
		SFP-H10GB-CU1M	—	UCS Manager v1.1(1)
Cisco Nexus 7000 Series	UCS-FI-6248UP UCS-FI-E16UP UCS-IOM-2208XP	SFP-10G-LR	—	UCS Manager v1.4(2)
		SFP-H10GB-CU1M	—	UCS Manager v1.4(2)
		SFP-H10GB-CU3M	—	UCS Manager v1.4(2)
		SFP-H10GB-CU5M	—	UCS Manager v1.4(2)
		SFP-H10GB-ACU7M	—	UCS Manager v1.4(2)
	N7K-M132XP-12	SFP-10G-SR	UCS Manager v2.0(1)	UCS Manager v2.0(1)
		SFP-10G-LR	—	UCS Manager v2.0(1)
		FET-10G <sup>2</sup>	—	UCS Manager v2.0(1)
		SFP-H10GB-CU1M	—	UCS Manager v2.0(1)
		SFP-H10GB-CU3M	—	UCS Manager v2.0(1)
Cisco Nexus 7000 Series	N7K-M108X2-12L	SFP-10G-SR	NX-OS 4.0 (1)	NX-OS 4.0 (1)
		SFP-10G-LR	NX-OS 4.0 (3)	NX-OS 4.0 (3)
		SFP-10G-ER	NX-OS 4.2.6	NX-OS 4.2.6
		FET-10G <sup>2</sup>	NX-OS 5.1	NX-OS 5.1
		SFP-H10GB-CU1M	Not supported	Not supported
	N7K-M108X2-12L	SFP-H10GB-CU3M	Not supported	Not supported
		SFP-H10GB-CU5M	Not supported	Not supported
		SFP-H10GB-ACU7M <sup>1</sup>	—	NX-OS 5.1(2)
		SFP-H10GB-ACU10M <sup>1</sup>	—	NX-OS 5.1(2)
		SFP-10G-SR	NX-OS 5.0	NX-OS 5.0
	N7K-M108X2-12L	SFP-10G-LR	NX-OS 5.0	NX-OS 5.0
		SFP-10G-LRM	NX-OS 5.0	NX-OS 5.0
		SFP-10G-ER	NX-OS 5.0	NX-OS 5.0
		DWDM X2	NX-OS 5.0	NX-OS 5.0
		SFP-10G-SR	NX-OS 5.1	NX-OS 5.1
	N7K-M108X2-12L	SFP-10G-LR	NX-OS 5.1	NX-OS 5.1
		SFP-10G-LRM	NX-OS 5.1	NX-OS 5.1
		SFP-10G-ER	NX-OS 5.1	NX-OS 5.1
		DWDM X2	NX-OS 5.1	NX-OS 5.1
		SFP-10G-SR	NX-OS 5.1	NX-OS 5.1

**Table 3 Data Center and Blade Switching Minimum Software Release Requirements (continued)**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required	
			DOM Support	Cisco IOS or NX-OS Release
Cisco Nexus 7000 Series (continued)	N7K-M108X2-12L (With CVR-X2-SFP10G converter for X2 ports)	SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>	—	NX-OS 5.2
		SFP-10G-SR	NX-OS 5.2	NX-OS 5.2
	N7K-M132XP-12L	SFP-10G-SR SFP-10G-LR SFP-10G-ER SFP-10G-LRM	NX-OS 5.1	NX-OS 5.1
		SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup> SFP-H10GB-ACU7M SFP-H10GB-ACU10M	—	NX-OS 5.1
		FET-10G <sup>2</sup>	NX-OS 5.1	NX-OS 5.1
	N7K-F132XP-15	SFP-10G-SR SFP-10G-LRM SFP-10G-LR <sup>1</sup>	NX-OS 5.1	NX-OS 5.1
		SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup> SFP-H10GB-ACU7M SFP-H10GB-ACU10M	—	NX-OS 5.1
		SFP-10G-ER	NX-OS 5.2	NX-OS 5.2
Cisco MDS 9000 Series	Refer to: <a href="http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/ps4159/ps6409/ps4358/product_data_sheet09186a00801bc698.html">http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/ps4159/ps6409/ps4358/product_data_sheet09186a00801bc698.html</a>	SFP-10G-SR SFP-10G-LRM SFP-10G-LR <sup>1</sup> SFP-10G-ER FET-10G <sup>2</sup>	NX-OS 6.0	NX-OS 6.0
		SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup> SFP-H10GB-ACU7M SFP-H10GB-ACU10M	—	NX-OS 6.0

1. Only Version -02 or later is supported.

2. Supported for fabric links only, from a Nexus 2000 Series to a Cisco parent switch.



**Table 4 Catalyst 2960, 3560, and 3750 Switch Support and Minimum Software Release Requirements**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required	
			DOM Support	Cisco IOS Release
Catalyst 2960-S Series	WS-C2960S-48FPD-L WS-C2960S-48LPD-L WS-C2960S-24PD-L WS-C2960S-48TD-L WS-C2960S-24TD-L	SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>  SFP-10G-SR SFP-10G-LRM SFP-10G-LR	—   12.2(53)SE1	12.2(53)SE1   12.2(53)SE1
Catalyst 3560-E Series	WS-C3560E-24TD WS-C3560E-24PD WS-C3560E-48TD WS-C3560E-48PD WS-C3560E-48PDF	X2-10GB-LR X2-10GB-ER X2-10GB-LX4 X2-10GB-SR X2-10GB-CX4  X2-10GB-LRM X2-10GB-ZR DWDM X2	12.2(46)SE      12.2(46)SE 12.2(50)SE 12.2(52)SE	12.2(35)SE2      12.2(40)SE 12.2(50)SE 12.2(52)SE
	WS-C3560E-12D WS-C3560E-12SD	X2-10GB-LR X2-10GB-ER X2-10GB-LX4 X2-10GB-SR X2-10GB-CX4 X2-10GB-LRM  X2-10GB-ZR DWDM X2	12.2(46)SE       12.2(50)SE 12.2(52)SE	12.2(40)EX       12.2(50)SE 12.2(52)SE
	WS-C3560E-24TD WS-C3560E-24PD WS-C3560E-48TD WS-C3560E-48PD WS-C3560E-48PDF WS-C3560E-12D WS-C3560E-12SD (With CVR-X2-SFP10G converter for X2 ports)	SFP-10G-SR SFP-10G-LR SFP-10G-LRM  SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>	12.2(55)SE1    —  —	12.2(55)SE1    12.2(55)SE1
	WS-C3560X-24T WS-C3560X-48T WS-C3560X-24P WS-C3560X-48P WS-C3560X-48PF	SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>  SFP-10G-SR SFP-10G-LRM SFP-10G-LR	—   12.2(53)SE	12.2(53)SE   12.2(53)SE
	WS-C3750G-16TD	XENPAK-10GB-ER C3-XENPAK10GB-LR	—	12.2(18)SE

**Table 4 Catalyst 2960, 3560, and 3750 Switch Support and Minimum Software Release Requirements (continued)**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required	
			DOM Support	Cisco IOS Release
Catalyst 3750-E Series	WS-C3750E-24TD	X2-10GB-LR	12.2(46)SE	12.2(35)SE2
	WS-C3750E-24PD	X2-10GB-ER		
	WS-C3750E-48TD	X2-10GB-LX4		
	WS-C3750E-48PD	X2-10GB-SR		
	WS-C3750E-48PDF	X2-10GB-CX4		
		X2-10GB-LRM	12.2(46)SE	12.2(40)SE
		X2-10GB-ZR	12.2(50)SE	12.2(50)SE
		DWDM X2	12.2(52)SE	12.2(52)SE
	WS-C3750E-24TD	SFP-10G-SR	12.2(55)SE1	12.2(55)SE1
	WS-C3750E-24PD	SFP-10G-LR		
	WS-C3750E-48TD	SFP-10G-LRM		
	WS-C3750E-48PD	SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup>	—	12.2(55)SE1
	WS-C3750E-48PDF	SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup>		
	(With CVR-X2-SFP10G converter for X2 ports)	SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>		
Catalyst 3750-X Series	WS-C3750X-24T	SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup>	—	12.2(53)SE
	WS-C3750X-48T	SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup>		
	WS-C3750X-24P	SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>		
	WS-C3750X-48P	SFP-10G-SR	12.2(53)SE	12.2(53)SE
	WS-C3750X-48PF	SFP-10G-LRM		
		SFP-10G-LR		
	WS-C3750X-12S	SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup>	—	12.2(58)SE1
	WS-C3750X-24S	SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup>		
		SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>		
		SFP-10G-SR	12.2(58)SE1	12.2(58)SE1
		SFP-10G-LRM		
		SFP-10G-LR		

1. Only Version -02 or later is supported.

**Table 5 Catalyst 4XXX Switch Support and Minimum Software Release Requirements**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required	
			DOM Support	Cisco IOS
Catalyst 4500 series	WS-X4516-10GE	X2-10GB-CX4	—	12.2(25)EW
		X2-10GB-LX4		
		X2-10GB-LR	12.2(54)SG	12.2(25)EW
		X2-10GB-SR		
		X2-10GB-ER		
		X2-10GB-LRM	12.2(54)SG	12.2(31)SGA
	WS-X4516-10GE (With CVR-X2-SFP10G converter for X2 ports)	X2-10GB-ZR	12.2(54)SG	12.2(50)SG
		DWDM X2	12.2(50)SG	12.2(50)SG
		SFP-10G-SR	12.2(54)SG	12.2(54)SG
		SFP-10G-LRM		
		SFP-10G-LR		
		SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup>	—	12.2(54)SG
	WS-X4013+10GE	SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup>		
		SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>		
		X2-10GB-CX4	—	12.2(25)SG
		X2-10GB-LX4		
		X2-10GB-LR	12.(54)SG	12.2(25)SG
		X2-10GB-SR		
	WS-X4013+10GE (With CVR-X2-SFP10G converter for X2 ports)	X2-10GB-ER		
		X2-10GB-LRM	12.2(54)SG	12.2(31)SGA
		X2-10GB-ZR	12.2(54)SG	12.2(50)SG
		DWDM X2	12.2(50)SG	12.2(50)SG
		SFP-10G-SR	12.2(54)SG	12.2(54)SG
		SFP-10G-LRM		
	WS-X45-SUP6L-E	SFP-10G-LR		
		SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup>	—	12.2(54)SG
		SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup>		
		SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>		
		X2-10GB-CX4	—	12.2(52)XO
		X2-10GB-LX4		
		X2-10GB-LR	12.2(54)SG	12.2(52)XO
		X2-10GB-SR		
		X2-10GB-ER		
		X2-10GB-LRM		
		X2-10GB-ZR		
		DWDM X2	12.2(52)XO	12.2(52)XO

**Table 5 Catalyst 4XXX Switch Support and Minimum Software Release Requirements (continued)**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required	
			DOM Support	Cisco IOS
Catalyst 4500 series (continued)	WS-X45-SUP6-E WS-X4606-X2-E	X2-10GB-CX4	—	12.2(40)SG
		X2-10GB-LX4		
		X2-10GB-LR	12.2(54)SG	12.2(40)SG
		X2-10GB-SR		
		X2-10GB-ER		
		X2-10GB-LRM		
	WS-X45-SUP6-E WS-X4606-X2-E (With CVR-X2-SFP10G converter for X2 ports)	X2-10GB-ZR	12.2(54)SG	12.2(50)SG
		DWDM X2	12.2(50)SG	12.2(50)SG
		SFP-10G-SR	12.2(54)SG	12.2(50)SG
		SFP-10G-LRM	12.2(54)SG	12.2(54)SG
		SFP-10G-LR		
		SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>	—	12.2(53)SG1
	WS-X45-SUP6L-E (With CVR-X2-SFP10G converter for X2 ports)	SFP-10G-SR	12.2(54)SG	12.2(52)XO
		SFP-10G-LRM	12.2(54)SG	12.2(54)SG
		SFP-10G-LR		
		SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>	—	12.2(53)SG1
	WS-X4712-SFP+E WS-X45-SUP7-E	SFP-10G-SR	3.1.0SG	3.1.0SG
		SFP-10G-LRM		
		SFP-10G-LR		
		SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>	—	3.1.0SG
	WS-X45-SUP7L-E	SFP-10G-ER	3.2.0SG	3.2.0SG
		SFP-10G-ZR		
		SFP-10G-SR	3.2.0XO	3.2.0XO
		SFP-10G-LRM		
		SFP-10G-LR		
		SFP-10G-ER		
		SFP-10G-ZR		
		SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>	—	3.2.0XO

**Table 5 Catalyst 4XXX Switch Support and Minimum Software Release Requirements (continued)**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required	
			DOM Support	Cisco IOS
Catalyst 4500-X Series	WS-C4500X-32SFP+ WS-C4500X-F-32SFP+ WS-C4500X-40X-ES C4KX-NM-8SFP+	SFP-10G-SR SFP-10G-LRM SFP-10G-LR SFP-10G-ER SFP-10G-ZR <sup>2</sup>	3.3.0SG	3.3.0SG
		SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>	—	3.3.0SG
Catalyst 4900 Series	WS-C4948-10GE WS-C4928-10GE	X2-10GB-CX4	—	12.2(25)EW
		X2-10GB-LX4	—	12.2(25)EW
		X2-10GB-LR X2-10GB-SR X2-10GB-ER	12.2(54)SG	12.2(25)EW
		X2-10GB-LRM	12.2(54)SG	12.2(31)SGA
		X2-10GB-ZR	12.2(54)SG	12.2(50)SG
		DWDM X2	12.2(50)SG	12.2(50)SG
	WS-C4948-10GE WS-C4928-10GE (With CVR-X2-SFP10G converter for X2 ports)	SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>	—	12.2(54)SG
		SFP-10G-SR AFP-10G-LRM SFP-10G-LR	12.2(54)SG	12.2(54)SG
	WS-C4948E	SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>	—	12.2(54)SG
		SFP-10G-SR SFP-10G-LRM SFP-10G-LR	12.2(54)SG	12.2(54)SG
		SFP-10G-ER SFP-10G-ZR	15.0(2)SG	15.0(2)SG
		—	—	—
	WS-C4900M WS-X4904-10GE WS-X4908-10GE	X2-10GB-CX4	—	12.2(40)XO or 12.2(44)SG
		X2-10GB-LX4	—	12.2(40)XO or 12.2(44)SG
		X2-10GB-LR X2-10GB-SR X2-10GB-ER X2-10GB-LRM	12.2(54)SG	12.2(40)XO or 12.2(44)SG
		X2-10GB-ZR	12.2(54)SG	12.2(50)SG
		DWDM X2	12.2(50)SG	12.2(50)SG
		—	—	—

**Table 5 Catalyst 4XXX Switch Support and Minimum Software Release Requirements (continued)**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required	
			DOM Support	Cisco IOS
Catalyst 4900 Series (continued)	WS-C4900M	SFP-10G-SR	12.2(54)SG	12.2(50)SG
	WS-X4904-10GE	SFP-10G-LRM	12.2(54)SG	12.2(54)SG
	WS-X4908-10GE	SFP-10G-LR		
	(With CVR-X2-SFP10G converter for X2 ports)	SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>	—	12.2(53)SG1
Cisco ME 4900 Series	ME-4924-10GE	X2-10GB-CX4	—	12.2(31)SGA
		X2-10GB-LX4		
		X2-10GB-LR	12.2(54)SG	12.2(31)SGA
		X2-10GB-SR		
		X2-10GB-ER		
		X2-10GB-LRM		
	ME-4924-10GE (With CVR-X2-SFP10G converter for X2 ports)	X2-10GB-ZR	12.2(54)SG	12.2(50)SG
		DWDM X2	12.2(50)SG	12.2(50)SG
		SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>	—	12.2(54)SG
		SFP-10G-SR	12.2(54)SG	12.2(54)SG
		SFP-10G-LRM		
		SFP-10G-LR		

1. Only Version -02 or later is supported.

2. Not supported on ports 1 to 32 with back-to-front chassis airflow. Supported on ports 1 to 32 with front-to-back chassis airflow. Supported on uplink module with chassis airflow in either direction.

**Table 6 Catalyst 6XXX Switch Support and Minimum Software Release Requirements**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required		
			Catalyst Operating System	Cisco IOS	DOM Support
Catalyst 6500 series	WS-X6704-10GE WS-SUP32-10GE-3B	XENPAK-10GB-LR	8.1(2)	12.2(17a)SX	—
		XENPAK-10GB-LR+	8.1(2)	12.2(17a)SX	12.2(18)SXE
		XENPAK-10GB-LW	8.4(4)	12.2(18)SXE	12.2(18)SXE
		XENPAK-10GB-ER	8.2(1)	12.2(17a)SX	—
		XENPAK-10GB-ER+	8.2(1)	12.2(17a)SX	12.2(18)SXE
		XENPAK-10GB-LX4	8.2(1)	12.2(17a)SX1	—
		XENPAK-10GB-SR	8.3(1)	12.2(17a)SX1	—
		XENPAK-10GB-CX4	8.3(1)	12.2(17a)SXB1	—
		XENPAK-10GB-ZR	8.5(1)	12.2(18)SXF	12.2(18)SXF
		XENPAK-10GB-LRM	8.6	12.2(18)SXF11	12.2(18)SXF11
		DWDM XENPAK	8.5(1)	12.2(18)SXF	12.2(18)SXF
	WS-SUP32-10GE-PISA	XENPAK-10GB-LR	—	12.2(18)ZY	12.2(18)ZY
		XENPAK-10GB-LR+			
		XENPAK-10GB-LW			
		XENPAK-10GB-ER			
		XENPAK-10GB-ER+			
		XENPAK-10GB-LX4			
		XENPAK-10GB-SR			
		XENPAK-10GB-CX4			
		XENPAK-10GB-ZR			
		XENPAK-10GB-LRM			
		DWDM XENPAK			
	VS-S720-10G-3C VS-S720-10G-3CXL WS-X6716-10G-3C WS-X6716-10G-3CXL	X2-10GB-LR	—	12.2(33)SXH2	12.2(33)SXH2
		X2-10GB-SR			
		X2-10GB-CX4			
		X2-10GB-ER			
		X2-10GB-LX4			
		X2-10GB-LRM			
		X2-10GB-ZR	—	12.2(33)SXI	12.2(33)SXI
		DWDM X2			
		X2-10GB-T	—	12.2(33)SJI1	—

**Table 6 Catalyst 6XXX Switch Support and Minimum Software Release Requirements (continued)**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required		
			Catalyst Operating System	Cisco IOS	DOM Support
Catalyst 6500 series (continued)	WS-X6708-10G-3C WS-X6708-10G-3CXL	X2-10GB-LR	—	12.2(18)SXF5	12.2(18)SXF5
		X2-10GB-SR			
		X2-10GB-CX4			
		X2-10GB-ER		12.2(18)SXF8	12.2(18)SXF8
		X2-10GB-LX4			
	X2-10GB-LRM X2-10GB-ZR DWDM X2 X2-10GB-T		—		
			—	12.2(33)SXI	12.2(33)SXI
			—	12.2(33)SJI1	—
	VS-S720-10G-3C VS-S720-10G-3CXL WS-X6708-10G-3C WS-X6708-10G-3CXL WS-X6716-10G-3C WS-X6716-10G-3CXL (With CVR-X2-SFP10G converter for X2 ports)	SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup>	—	—	12.2(33)SXI2
		SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup>			
		SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>			
		SFP-10G-SR	—	12.2(33)SXI2	12.2(33)SXI2
		SFP-10G-LRM	—	12.2(33)SXI4	12.2(33)SXI4
	VS-S2T-10G VS-S2T-10G-XL WS-X6816-10G-2T WS-X6816-10G-2TXL WS-X6908-10G-2T WS-X6908-10G-2TXL	SFP-10G-LR	—	12.2(33)SXJ1	12.2(33)SXJ1
		X2-10GB-CX4	—	—	12.2(50)SY
		X2-10GB-SR	—	12.2(50)SY	12.2(50)SY
		X2-10GB-LRM			
		X2-10GB-LX4			
	VS-S2T-10G VS-S2T-10G-XL WS-X6816-10G-2T WS-X6816-10G-2TXL WS-X6908-10G-2T WS-X6908-10G-2TXL (With CVR-X2-SFP10G converter for X2 ports)	X2-10GB-LR			
		X2-10GB-ER			
		X2-10GB-ZR			
		DWDM X2			
			—	—	
	VS-S2T-10G VS-S2T-10G-XL WS-X6816-10G-2T WS-X6816-10G-2TXL WS-X6908-10G-2T WS-X6908-10G-2TXL (With CVR-X2-SFP10G converter for X2 ports)	SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup>	—	—	
		SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup>			
		SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>			
		SFP-10G-SR	—	12.2(50)SY	12.2(50)SY
		SFP-10G-LRM			
	WS-X6904-40G-2T WS-X6904-40G-2TXL With CVR-CFP-4SFP10G FourX converter for CFP ports	SFP-10G-LR	—	—	15.0(1)SY1
		SFP-10G-ER			
		SFP-10G-SR	—	15.0(1)SY1	15.0(1)SY1
		SFP-10G-LRM			

1. Only Version -02 or later is supported.



**Table 7 Metro Ethernet Support and Minimum Software Requirements**

Platform	Switch or Module	Transceiver Model	Minimum Software Release Required	
			DOM Support	Cisco IOS Release
Cisco ME 3600X	ME-3600X-24TS-M ME-3600X-24FS-M (SFP+ ports)	SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>	—	12.2(52)EY
		SFP-10G-SR SFP-10G-LRM SFP-10G-LR SFP-10G-ER	12.2(52)EY	12.2(52)EY
		SFP-10G-ZR	15.1(2)EY1	15.1(2)EY1
Cisco ME 3800X	ME-3800X-24FS-M (SFP+ ports)	SFP-H10GB-CU1M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU3M <sup>1</sup> SFP-H10GB-CU5M <sup>1</sup>	—	12.2(52)EY
		SFP-10G-SR SFP-10G-LRM SFP-10G-LR SFP-10G-ER	12.2(52)EY	12.2(52)EY
		SFP-10G-ZR	15.1(2)EY1	15.1(2)EY1

1. Only Version -02 or later is supported.

## Obtaining Documentation and Submitting a Service Request

For information on obtaining documentation, submitting a service request, and gathering additional information, see the monthly *What's New in Cisco Product Documentation*, which also lists all new and revised Cisco technical documentation, at:

<http://www.cisco.com/en/US/docs/general/whatsnew/whatsnew.html>

Subscribe to the *What's New in Cisco Product Documentation* as an RSS feed and set content to be delivered directly to your desktop using a reader application. The RSS feeds are a free service. Cisco currently supports RSS Version 2.0.

Cisco and the Cisco logo are trademarks or registered trademarks of Cisco and/or its affiliates in the U.S. and other countries. To view a list of Cisco trademarks, go to this URL: [www.cisco.com/go/trademarks](http://www.cisco.com/go/trademarks). Third-party trademarks mentioned are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (1110R)

Copyright ©2004–2012, Cisco Systems, Inc.



## **C.6 Módulos 10GBASE X2**

La ficha técnica en la que se recoge los diferentes tipos de módulos 10GBASE X2 ofertados por Cisco Systems, así como las características de éstos, puede verse a continuación.

# Cisco 10GBASE X2 Modules

## Product Overview

The Cisco® 10GBASE X2 modules (Figure 1) offer customers a wide variety of 10 Gigabit Ethernet connectivity options for data center, enterprise wiring closet, and service provider transport applications.

**Figure 1.** Cisco 10GBASE X2 and Xenpak Modules



Main features of Cisco 10GBASE X2 modules include:

- Support 10GBASE Ethernet
- Hot-swappable input/output device plugs into an Ethernet X2 port of a Cisco switch or router to link the port with the network
- Provides flexibility of interface choice
- Supports “pay-as-you-populate” model
- Supports the Cisco quality identification (ID) feature that enables a Cisco switch or router to identify whether the module is certified and tested by Cisco
- Has optical interoperability with respective 10GBASE Xenpak, 10GBASE XFP and 10GBASE SFP+ modules on the same link

### Cisco X2-10GB-CX4

The Cisco 10GBASE-CX4 Module supports link lengths of up to 15m on CX4 cable.

### Cisco X2-10GB-T

The Cisco 10GBASE-T Module supports link lengths of up to 100m on CAT6A or CAT7 copper cable.

### **Cisco X2-10GB-LRM**

The Cisco 10GBASE-LRM Module supports link lengths of 220m on standard Fiber Distributed Data Interface (FDDI) grade multimode fiber (MMF). To ensure that specifications are met over FDDI-grade, OM1 and OM2 fibers, the transmitter should be coupled through a mode conditioning patch cord. No mode conditioning patch cord is required for applications over OM3. For additional information on mode conditioning patch cord requirements please see: [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/modules/ps5455/product\\_bulletin\\_c25-530836.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/modules/ps5455/product_bulletin_c25-530836.html).

The Cisco 10GBASE-LRM Module also supports link lengths of 300m on standard single-mode fiber (SMF, G.652).

### **Cisco X2-10GB-LX4**

The Cisco 10GBASE-LX4 Module supports link lengths of 300m on standard FDDI grade MMF. To ensure that specifications are met, the transmitter output should be coupled through a mode conditioning patch cord. For additional information on mode conditioning patch cord requirements please see: [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/modules/ps5455/product\\_bulletin\\_c25-530836.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/modules/ps5455/product_bulletin_c25-530836.html).

### **Cisco X2-10GB-SR**

The Cisco 10GBASE-SR Module supports a link length of 26m on standard FDDI grade MMF. Using 2000 MHz\*km MMF (OM3), up to 300m link lengths are possible. Using 4700 MHz\*km MMF (OM4), up to 400m link lengths are possible.

### **Cisco X2-10GB-LR**

The Cisco 10GBASE-LR Module supports a link length of 10 kilometers on standard single-mode fiber (SMF, G.652).

### **Cisco X2-10GB-ER**

The Cisco 10GBASE-ER Module supports a link length of up to 40 kilometers on standard single-mode fiber (SMF, G.652).

### **Cisco X2-10GB-ZR**

Supports link lengths of up to about 80 km on SMF. This interface is not part of the 10 Gigabit Ethernet standard but is built according to Cisco optical specifications.

## **Technical Specifications**

### **Platform Support**

Cisco X2 modules are supported on Cisco switches and routers. For more details, refer to the document Cisco Xenpak/X2 Compatibility Matrix.

### **Connectors and Cabling**

Connectors: Dual SC/PC connector (-SR, -LR, -LRM, -LX4, -ER, -ZR); InfiniBand 4x connector (-CX4); RJ-45 connector (-T).

**Note:** For optical X2 modules, only connections with patch cords with PC or UPC connectors are supported. Patch cords with APC connectors are not supported. All cables and cable assemblies used must be compliant with the standards specified in the standards section.

Table 1 provides cabling specifications for the Cisco X2 modules.

**Table 1.** X2 Port Cabling Specifications

Cisco X2	Wavelength (nm)	Cable Type	Core Size (Microns)	Modal Bandwidth (MHz*km)	Cable Distance <sup>*</sup>
Cisco X2-10GB-CX4	-	CX4 (copper)	-	-	15m
Cisco X2-10GB-T	-	CAT6A/CAT7 (copper)	-	-	100m
Cisco X2-10GB-SR	850	MMF	62.5	160 (FDDI-grade)	26m
			62.5	200 (OM1)	33m
			50.0	400	66m
			50.0	500 (OM2)	82m
			50.0	2000 (OM3)	300m
			50.0	4700 (OM4)	400m
Cisco X2-10GB-LRM	1310	MMF	62.5	500	220m
			50.0	400	100m
			50.0	500	220m
Cisco X2-10GB-LX4	1310	SMF	G.652	-	300m
		MMF	62.5	500	300m
			50.0	400	240m
			50.0	500	300m
Cisco X2-10GB-LR	1310	SMF	G.652	-	10 km
Cisco X2-10GB-ER <sup>**</sup>	1550	SMF	G.652	-	40 km <sup>***</sup>

<sup>\*</sup> Minimum cabling distance for -LR, -SR, -LX4, -ER modules is 2m, according to the IEEE 802.3ae standard, and minimum cabling distance for -LRM modules is 0.5m, according to IEEE 802.3aq standard.

<sup>\*\*</sup> Requires 5 dB 1550 nm fixed loss attenuator for < 20 km. Attenuator is available as a spare. The part number is WS-X6K-5DB-ATT=.

<sup>\*\*\*</sup> Links longer than 30 km are considered engineered links.

## Standards

- IEEE 802.3ae (-LR, -SR, -LX4, -ER)
- IEEE 802.3ak (-CX4)
- IEEE 802.3aq (-LRM)
- IEEE 802.3an (-T)

Table 2 shows the main optical characteristics for the Cisco X2 module. The Cisco X2-10GB-CX4 and X2-10GB-T are not optical modules and therefore are not listed in Table 2.

**Table 2.** Optical Transmit and Receive Specifications

Product	Type	Transmit Power (dBm) <sup>*</sup>		Receive Power (dBm) <sup>*</sup>		Transmit and Receive Wavelength Range (nm)	
		Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Transmit	Receive
Cisco X2-10GB-SR	10GBASE-SR 850 nm MMF	-1.2 <sup>**</sup>	-7.3	-1.0	-9.9	840 to 860	
Cisco X2-10GB-LRM	10GBASE-LRM 1310 nm MMF	0.5	-6.5	0.5	-8.4 (in average) and -6.4 (in OMA) <sup>***</sup>	1260 to 1355	
Cisco X2-10GB-LX4	10GBASE-LX4 WWDM 1300 nm MMF	-0.5 per lane	-6.75 per lane in OMA	-0.5 per lane	-14.25 per lane in OMA	Four lanes; overall range: 1269 to 1356	

Product	Type	Transmit Power (dBm) <sup>*</sup>		Receive Power (dBm) <sup>*</sup>		Transmit and Receive Wavelength Range (nm)	
		Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Transmit	Receive
Cisco X2-10GB-LR	10GBASE-LR 1310 nm SMF	0.5	-8.2	0.5	-14.4	1260 to 1355	1260 to 1565 <sup>****</sup>
Cisco X2-10GB-ER	10GBASE-ER 1550 nm SMF	4.0	-4.7	-1.0	-15.8	1530 to 1565	1260 to 1565 <sup>****</sup>

<sup>\*</sup> Transmitter and receiver power is in average, unless specified.

<sup>\*\*</sup> The launch power shall be the lesser of the class 1 safety limit or the maximum receive power. Class 1 laser requirements are defined by IEC 60825-1: 2001.

<sup>\*\*\*</sup> Both average and OMA specifications must be met simultaneously.

<sup>\*\*\*\*</sup> Even though the receiver can tolerate a wide wavelength range, the specifications are guaranteed for a signal within the transmit wavelength range.

Table 3 details optical specifications for the Cisco X2-10GB-ZR modules.

**Table 3.** X2-10GB-ZR Optical Parameters

Parameter	Symbol	Minimum	Typical	Maximum	Units	Notes and Conditions
<b>Transmitter</b>						
Transmitter wavelength		1530		1565	nm	
Side-mode suppression ratio	SMSR	30			dB	
Transmitter extinction ratio		9			dB	
Transmitter optical output power	P <sub>out</sub>	0		4.0	dBm	Average power coupled into single-mode fiber
<b>Receiver</b>						
Receiver optical input wavelength		1530		1565	nm	The receiver can tolerate a wavelength range from 1260 to 1565, but the specifications are guaranteed for a signal received with the transmit wavelength range
Receiver damage threshold				-1	dBm	
Dispersion tolerance		0		1600	ps/nm	
Optical input power	P <sub>in</sub>	-24.0		-7.0	dBm	At bit error rate (BER) = 10e <sup>-12</sup> with IEEE 802.3 test pattern
Dispersion power penalty at 1600 ps/nm				3	dB	At bit error rate (BER) = 10e <sup>-12</sup> with IEEE 802.3 test pattern

**Note:** Parameters are specified over temperature and at end of life unless otherwise noted. When shorter distances of single-mode fiber are used, an inline optical attenuator must be used to avoid overloading and damaging the receiver.

## Dimensions

- Dimensions (D x W x H): 91mm x 36mm x 13.46mm. Cisco X2s typically weigh under 300 grams
- Environmental Conditions and Power Requirements
- The operating temperature range is between 0 and 70°C (32 to 158°F); storage temperature range is -40 to 85°C (-40 to 185°F)
- The maximum power consumption per Cisco X2 module is 4W

## Warranty

- Standard warranty: 90 days
- Extended warranty (optional): Cisco X2 modules can be covered in a Cisco SMARTnet® support contract for the Cisco switch or router chassis

Table 4 provides the ordering information for Cisco X2 modules and related cables.

**Table 4.** Ordering Cisco X2 and Respective Cables

Description	Product Number
<b>X2 Modules</b>	
Cisco 10GBASE-LR X2 Module for SMF	X2-10GB-LR
Cisco 10GBASE-CX4 X2 Module for CX4 (copper) cable	X2-10GB-CX4
Cisco 10GBASE-SR X2 Module for MMF	X2-10GB-SR
Cisco 10GBASE-LRM X2 Module for MMF	X2-10GB-LRM
Cisco 10GBASE-LX4 X2 Module for MMF	X2-10GB-LX4
Cisco 10GBASE-ER X2 Module for SMF	X2-10GB-ER
Cisco 10GBASE-ZR X2 Module for SMF	X2-10GB-ZR
Cisco 10GBASE-T X2 Module for CAT6A/CAT7 copper cable	X2-10GB-T
<b>Cables</b>	
Mode conditioning patch cable 62.5u, dual SC connectors	CAB-GELX-625=
Mode conditioning patch cable 50u, dual SC connectors	CAB-MCP50-SC=
1m cable for 10GBase-CX4 module	CAB-INF-28G-1=
5m cable for 10GBase-CX4 module	CAB-INF-28G-5=
10m cable for 10GBase-CX4 module	CAB-INF-28G-10=
15m cable for 10GBase-CX4 module	CAB-INF-26G-15=

## Regulatory and Standards Compliance

Standards:

- GR-20-CORE: Generic Requirements for Optical Fiber and Optical Fiber Cable
- GR-326-CORE: Generic Requirements for Single-Mode Optical Connectors and Jumper Assemblies
- GR-1435-CORE: Generic Requirements for Multifiber Optical Connectors

Safety:

- Laser Class 1 21CFR-1040 LN#50 7/2001
- Laser Class 1 IEC60825-1



## Additional Information

For more information about Cisco 10GBASE-X2 modules, contact your sales representative or visit:

<http://www.cisco.com>.



---

**Americas Headquarters**  
Cisco Systems, Inc.  
San Jose, CA

**Asia Pacific Headquarters**  
Cisco Systems (USA) Pte. Ltd.  
Singapore

**Europe Headquarters**  
Cisco Systems International BV Amsterdam,  
The Netherlands

---

Cisco has more than 200 offices worldwide. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the Cisco Website at [www.cisco.com/go/offices](http://www.cisco.com/go/offices).

---

Cisco and the Cisco Logo are trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the U.S. and other countries. A listing of Cisco's trademarks can be found at [www.cisco.com/go/trademarks](http://www.cisco.com/go/trademarks). Third party trademarks mentioned are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (1005R)

Printed in USA

C78-363188-07 10/11

## C.7 UPS

La ficha técnica, con información detallada, del sistema de alimentación ininterrumpida (SAI/UPS) que se ha empleado para dar alimentación eléctrica a los equipos activos de red empleados en el sistema de cableado estructurado del Edificio ZAL, es la siguiente:

## EATON 9135 UPS TECHNICAL SPECIFICATIONS (NORTH AMERICA)

- [Model Selection Guide](#)
- [PPDMs](#)
- [Battery Runtimes](#)

General	
User Interface	Graphical LCD with blue backlight and text in English, French, German, Portuguese, Italian and Spanish
LEDs	Four status-indicating LEDs
Topology	Double-conversion
Diagnostics	Full system self-test
UPS Bypass	Automatic bypass
Dimensions	See model selection guide
Rail Kit	Included with all units
Electrical Input	
Nominal Voltage	208V, 230V 200V, 208V, 220V, 230V, 240V and 250V user-selectable
Voltage Range	156–280 Vac (output PF 0.7)
Power Draw of UPS (full load)	5000 VA: 24.0A @208V 6000 VA: 28.8A @208V
Recommended Input Breaker Rating	35A
Frequency	50/60 Hz autoselect
Frequency Range	40–70 Hz
Electrical Output	
Power Factor	0.7
On Utility Voltage Regulation	±2% of nominal
On Battery Voltage Regulation	±2% of nominal
Efficiency	>97% in high-efficiency mode; 91% in normal mode
Frequency Regulation	±3% Hz online
Load Crest Factor	3 to 1
Battery	
Internal Battery Type	5.5 Ah, sealed, lead-acid; maintenance free
External Battery Modules	Up to four per 9135, rail kits included for rack mounting
EBM Battery Type	5.5 Ah, sealed, lead-acid; maintenance free
Battery Runtime	Four (4) minutes with internal batteries @100% load (0.7 PF) For additional details, see battery runtime chart
Battery recharge time	Six (6) hours to recover 90 percent of nominal backup time after 100 percent RCD load discharge
Battery Replacement	Hot-swappable internal and external batteries
Start-On-Battery	Allows start of UPS without utility input
Communications	
Serial Port	RS-232 as standard, RS-232 cable provided
USB Port	As standard (HID)
Relay Output	DB-9 Dry Contact—common alarm as standard
Communications Slot	Optional communication slots (Mini X-Slot)
Software	LanSafe UPS monitoring and management software
Environmental	
Safety Markings	208V: UL, NOM, NYCE 230V: CE, C-Tick, UL, GS
EMC Markings	208/230V: FCC-A, VCCI-A, BSMI-A, C-Tick, CE Compliance
Audible Noise	Max 46 dB
Ambient Operating	0°C (32°F) to +40°C (104°F)
Storage Temperature	-20°C (-4°F) to +40°C (104°F) with batteries and -25°C (-13°F) to +55°C (131°F) without batteries
Relative Humidity	5–90% non-condensing



Operating mode	Efficiency	5 kVA	6 kVA
Normal	91%	1150	1350
Battery	86%	1650	1960
High efficiency	97%	370	450

MODEL SELECTION GUIDE

Catalog Number	Rating (VA/Watts)	Input connection	Output Receptacles	Dimensions H x W x D, in (mm)	Weight lb (kg)
North American Rack/Tower Models: 208V, 50/60 Hz					
PW9135G5000-XL3UHW	5000/3500	Hardwired	Hardwired + (4) L6-30R	5.14 (3U) x 17.5 x 29.2 (130 x 444 x 741)	125.7 (57.0)
PW9135G5000-XL3U	5000/3500	L6-30P	Hardwired + (4) L6-30R	5.14 (3U) x 17.5 x 29.2 (130 x 444 x 741)	125.7 (57.0)
PW9135G6000-XL3UHW	6000/4200	Hardwired	Hardwired + (4) L6-30R	5.14 (3U) x 17.5 x 29.2 (130 x 444 x 741)	125.7 (57.0)
PW9135G6000-XL3U	6000/4200	L6-30P	Hardwired + (4) L6-30R	5.14 (3U) x 17.5 x 29.2 (130 x 444 x 741)	125.7 (57.0)



POWERPASS DISTRIBUTION MODULES (PPDMS)

Catalog Number	Rating (VA/Watts)	Input connection	Output Receptacles	Dimensions H x W x D, in (mm)	Weight lb (kg)
103003214-6501	208–240, 208–240/120	L6-30P	(1) L6-30R, (8) 5-15R	5.25 x 17.4 x 24.8 (133 x 442 x 630)	106.0 (48.1)
103003214-6502	208–240, 208–240/120	L6-30P	(1) L6-20R, (8) 5-15R	5.25 x 17.4 x 24.8 (133 x 442 x 630)	106.0 (48.1)
103003214-6503	208–240, 208–240/120	L6-30P	(1) L5-30R, (8) 5-15R	5.25 x 17.4 x 24.8 (133 x 442 x 630)	106.0 (48.1)
103003214-6504	208–240, 208–240/120	L6-30P	(1) L14-30R, (8) 5-15R	5.25 x 17.4 x 24.8 (133 x 442 x 630)	106.0 (48.1)
103003214-6505	208–240, 208–240/120	Hardwired	Hardwired	5.25 x 17.4 x 24.8 (133 x 442 x 630)	106.0 (48.1)
103003214-6506	208–240, 208–240/120	Hardwired	Hardwired	5.25 x 17.4 x 24.8 (133 x 442 x 630)	106.0 (48.1)
103003214-6507	208–240, 208–240/120	L6-30P	(1) L6-30R, (1) L14-30R, (4) 5-15R	5.25 x 17.4 x 24.8 (133 x 442 x 630)	106.0 (48.1)
103003214-6508	208–240, 208–240/120	L6-30P	(2) L6-30R, (4) 5-20R	5.25 x 17.4 x 24.8 (133 x 442 x 630)	106.0 (48.1)
103003214-6509	208–240, 208–240/120	L6-30P	(2) L6-20R, (4) 5-20R	5.25 x 17.4 x 24.8 (133 x 442 x 630)	106.0 (48.1)



BATTERY BACKUP TIMES (IN MINUTES)

Load (VA/Watts)	Standard Internal Batteries	+1 EBM	+2 EBMs	+3 EBMs	+4 EBMs
1000/700	36	132	232	332	433
2000/1400	13	52	95	140	184
3000/2100*	10	40	74	110	146
4000/2800	7	29	53	80	107
5000/3500	5	22	41	62	83
6000-4200*	4	18	33	50	68

\* Runtimes available for the 6 kVA model only.



# Bibliografía

- [1] Etiquetas de identificación. <http://www.bradyid.com/>.
- [2] Presupuesto certificación. <http://tarificador.certificaciondered.es/index.php?central=Paso1>.
- [3] AENOR (asociación española de normalización y certificación). *Norma UNE 157001: Criterios generales para la elaboración de proyectos*. C Genoveva, 6, 28004 Madrid-España, 2002.
- [4] Brand-Rex. Cableado utp, categoría 6. <http://www.brand-rex.es/Productos/SistemasdeCableadoEstructurado/SistemasdeCobre/Categor%C3%ADa6ClaseE/tabid/3817/language/es-ES/Default.aspx>.
- [5] Inc. Cisco Systems. 10-gigabit ethernet transceiver modules compatibility matrix. [http://www.cisco.com/en/US/docs/interfaces\\_modules/transceiver\\_modules/compatibility/matrix/OL\\_6974.html#wp58367](http://www.cisco.com/en/US/docs/interfaces_modules/transceiver_modules/compatibility/matrix/OL_6974.html#wp58367).
- [6] Inc. Cisco Systems. Cisco 10gbase x2 modules. [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/modules/ps5455/ps6574/product\\_data\\_sheet0900aecd801f92aa.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/modules/ps5455/ps6574/product_data_sheet0900aecd801f92aa.html).
- [7] Inc. Cisco Systems. Cisco catalyst 2960. [http://www.cisco.com/web/ES/solutions/smb/products/routers\\_switches/catalyst\\_2960\\_series\\_switches/index.html](http://www.cisco.com/web/ES/solutions/smb/products/routers_switches/catalyst_2960_series_switches/index.html).
- [8] Inc. Cisco Systems. Cisco catalyst 3750e. [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps7077/prod\\_bulletin0900aecd805bbe54.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps7077/prod_bulletin0900aecd805bbe54.html).
- [9] Inc. Cisco Systems. *Designing for Cisco Internetwork Solutions (DESIGN) Foundation Learning Guide*, chapter 2º. Cisco Press, 800 Eas 96th Street, Indianapolis, IN 46240 USA, 3 edition.
- [10] Inc. Cisco Systems. *Academia de Networking de Cisco Systems Guía del primer año. CCNA®1 y 2*. PEARSON EDUCACIÓN, S.A. Madrid, 2004, 3 edition, 2004.
- [11] Chevilan connect. Racks y accesorios de rack. <http://www.chevilan.es/rack19a.html>.
- [12] Simon enjoy electricity. Regleta enchufes y latiguillos utp, cat.6. <http://www.simon.es/es/producto/conectividad/cima/645-placas-cima-voz-y-datos>.
- [13] LigthMax. Cableado fibra óptica, categoría om3, clase of-300. <http://lightmax.es/fibraoptica/index.php?mod=eCommerce&ext=groupconectores&id=58>.
- [14] Samuel Álvarez Gonzalez, Jenaro Bejarano Garcia, Esther Álvarez González, and Pablo Carrasco Pérez de Mendiola. *El Proyecto Telemático Sistemas de cableado Estructurado (SCE) y Proyectos de Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (ICT)*. Colegio Oficial ingenieros de telecomunicaciones, 2 edition, 2006.
- [15] James D. McCabe. *Network Analysis, Architecture, and Design*, chapter 2º, 3º, 4º. Morgan Kaufmann Publishers, 3 edition, 2007.

- 
- [16] Hp Networking. Hp 5900af. <http://h17007.www1.hp.com/es/es/products/switches/index.aspx>.
  - [17] Juniper Networks. Juniper ex 4200. <http://www.juniper.net/es/es/products-services/switching/ex-series/ex4200/>.
  - [18] Juniper Networks. Juniper ex 4500. <http://www.juniper.net/us/en/products-services/switching/ex-series/ex4500/>.
  - [19] William Stallings. *Comunicaciones y Redes de Computadores*. PEARSON EDUCACIÓN, S.A. Madrid, 2004, Madrid,2004, 7 edition, 2007.
  - [20] Comité técnico AEN/CTN 210. *Norma Europea UNE-EN 50174-1:2000.Tecnología de la información, Instalación del cableado.Parte 1: Especificación y aseguramiento de la calidad*. C Genoveva,6,28004 Madrid-España, 2001.
  - [21] Comité técnico AEN/CTN 210. *Norma Europea UNE-EN 50174-2:2000.Tecnología de la información, Instalación del cableado.Parte 2: Métodos y planificación de la instalación en el interior de los edificios*. C Genoveva,6,28004 Madrid-España, 2001.
  - [22] Comité técnico AEN/CTN 210. *Norma Europea UNE-EN 50173-1:2007.Tecnología de la información,Sistemas de cableado genérico.Parte 1: Requisitos generales*. C Genoveva,6,28004 Madrid-España, 2009. Norma Europea UNE-EN 50173-1:2007 sustituye a Norma Europea EN 50173-1:2005.
  - [23] Comité técnico AEN/CTN 210. *Norma Europea UNE-EN 50173-2:2007.Tecnología de la información, Sistemas de cableado genérico.Parte 2:Edificios de oficina*. C Genoveva,6,28004 Madrid-España, 2009. Norma Europea UNE-EN 50173-1:2007 sustituye a Norma Europea EN 50173-1:2005.
  - [24] EATON Powering Business Worldwide. Ups eaton 9135. <http://powerquality.eaton.com/LA/ES/Products-services/Backup-Power-UPS/9135-UPS/9135-specs-am.asp?CX=119>.